



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ANNIMARIA VIRTANEN
MONIKÄYTTÖISEN OPPIMISYMPÄRISTÖN RISKINARVIOINTI JA
KEHITYSSUOSITUKSET
Diplomityö

Tarkastajat: professori Matti Vilkkö
ja professori Jouni Kivistö-Rahnasto
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Teknisten tieteiden tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 8. lokakuuta
2014

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

VIRTANEN, ANNIMARIA: Monikäyttöisen oppimisympäristön riskinarviointi ja kehityssuositukset

Diplomityö, 74 sivua, 16 liitesivua

Kesäkuu 2015

Pääaine: Tuotekehitys

Tarkastajat: professori Jouni Kivistö-Rahnasto ja professori Matti Vilkkö

Avainsanat: Tislauskolonni, turvallisuus, oppimisympäristö, tislaus, riskinarviointi, työturvallisuus

Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonni on rakennettu vuonna 1983. Tislauskolonnin ja sen työympäristön modernisointi aloitettiin vuonna 2014 ja osana tätä projektia haluttiin kiinnittää huomiota myös sen turvallisuuteen. Tässä diplomityössä on tutkittu tislauskolonnin sekä siihen liittyvän työ- ja oppimisympäristön turvallisuutta.

Työssä toteutettiin tislauskolonnille riskianalyysit, joiden avulla tunnistettiin siihen liittyvät riskit ja vaaratilanteet. Myös tislauskolonnin työympäristölle tehtiin riskinarviointi. Riskianalyysien lisäksi haastateltiin työntekijöitä heidän käyttökokemuksistaan tislauskolonnilla. Riskianalyysien tulosten perusteella kehitettiin toimenpide-ehdotuksia ja niiden toteuttamiseksi laadittiin toimenpidesuunnitelma. Osana diplomityötä toteutettiin myös työturvallisuusohjeet tislauskolonnilla työskenteleville opiskelijoille.

Tislausprosessi on melko turvallinen. Prosessista ja siihen liittyvästä työympäristöstä löydettiin kuitenkin joitain riskejä, joiden pienentämiseksi voidaan toteuttaa työssä esitettyjä toimenpiteitä. Tislauskolonniin liittyvä dokumentaatio on hyvin vähäistä, joten sitä on syytä lisätä. Lisäksi edellisen tislauskolonnivastaavan tiedot on saatava eteenpäin uusille työntekijöille. Riskianalyysit osoittivat, että tislauskolonnin ympäristö vaatii kehittämistä ja siistimistä, jotta siitä saadaan toimivampi ja turvallisempi.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Automation Technology

VIRTANEN, ANNIMARIA: Multipurpose learning environment risk assessment and recommendations

Master of Science Thesis, 74 pages, 16 Appendix pages

June 2015

Major: Product development

Examiner: Professor Jouni Kivistö-Rahnasto and professor Matti Vilkkö

Keywords: Safety, column, learning environment, distillation, risk assessment, work safety

The distillation column at the Department of Automation Science and Engineering was built in 1983. Modernization of the column and its working environment commenced in 2014, at which time the Department decided to review the column's safety. This master's thesis explores the safety of the distillation column and its working environment.

Risks related to the distillation column and its working environment were evaluated using various risk assessment methods. In addition, safety instructions for students who work with the distillation column were drafted.

Overall, the distillation process is quite safe; however, there are still a number of risks related to the working environment which could be reduced by the suggested safety controls. In particular, documentation is slight and should be improved. Moreover, the person formerly responsible no longer work at the university, so his knowledge of the distillation column and process should be obtained, documented and transmitted to new employees. Implementing the recommended controls will increase the working environment's safety.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen teknillisen yliopiston Systeemitekniikan laitokselle osana laitoksen tislaukolonnin modernisointia. Kiitän Systeemitekniikan laitosta saamastani mahdollisuudesta osallistua tähän mielenkiintoiseen projektiin.

Haluan kiittää työni tarkastajia professori Jouni Kivistö-Rahnastoa sekä professori Matti Vilkkoa työni ohjaamisesta ja hyvistä kehitysehdotuksista. Haluan kiittää myös Sami Haraa yhteistyöstä diplomityöprosessin aikana.

Suurin kiitos kuuluu vanhemmilleni ja aviomiehelleni, jotka ovat kannustaneet, tukeneet ja ymmärtäneet minua koko opintojeni ajan, myös vaikeina hetkinä. Haluan kiittää myös muuta perhettäni ja ystäviäni tuesta.

Hämeenlinnassa 19.5.2015

Annimaria Virtanen

SISÄLLYS

1	Johdanto	1
2	Teoria	3
2.1	Tislauskolonni	3
2.1.1	Tislausprosessi	4
2.1.2	Automaatiojärjestelmä ja instrumentointi	5
2.1.3	Tislauskolonnin säätöperiaate	6
2.2	Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -turvallisuusohjeet.....	6
2.3	Etanoli ja sen vaaralliset ominaisuudet	7
2.4	Riskit	8
2.4.1	Riskilajit	8
2.4.2	Riskin suuruus	8
2.5	Riskienhallinta.....	13
2.6	Riskien arviointimenetelmiä	18
2.6.1	Poikkeamatarkastelu	18
2.6.2	Työn turvallisuusanalyysi	23
2.6.3	Potentiaalisten ongelmien analyysi	26
2.7	ATEX - Räjähdyksenvaarallinen tila	30
2.7.1	Räjähdyksenvaarantoarviointi.....	30
2.7.2	Räjähdyssuojasasiakirja	33
2.7.3	Tilaluokitus	34
2.7.4	Laiteluokitus.....	35
2.8	Oppimisympäristö	37
2.9	Vaurio- ja onnettomuusrekisteri.....	38
3	Analyysin kohde ja vaiheet	39
3.1	Tislauskolonni oppimisympäristönä	39
3.2	Tislauskolonnin oppimistehtävien kuvaus	42
3.3	Haastattelut.....	42
3.4	Vaurio- ja onnettomuusrekisteri.....	42
3.5	Riskityöpaja.....	43
3.6	Poikkeamatarkastelu	44
3.7	Työn turvallisuusanalyysi	44
3.8	Potentiaalisten ongelmien analyysi	45
3.9	Työympäristön riskinarviointi.....	45
3.10	Kehityskohteiden valinta.....	47
3.11	Toimintasuunnitelman laatiminen kehityskohteisiin	48
3.12	Turvallisuusohjeiden laatiminen opiskelijoille	48
4	Tulokset.....	50
4.1	Tislauskolonnilla suoritettavat opetustilanteet.....	50
4.2	Räjähdyksenvaarantoarviointi tislauskolonnin oppimisympäristössä	51
4.3	Kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin laajuuden aiheuttamat velvollisuudet.....	51
4.4	Haastattelut tislauskolonnin käyttökokemuksista	53

4.5 Vaurio- ja onnettomuusrekisteri.....	54
4.6 Riskityöpajan toteuttaminen.....	55
4.7 Poikkeamatarkastelu	55
4.8 Työn turvallisuusanalyysi	56
4.9 Potentiaalisten ongelmien analyysi	57
4.10 Työympäristön riskinarviointi.....	60
4.11 Kehityskohteiden valinta ja toimintasuunnitelman laatiminen	62
4.12 Työturvallisuusohjeet tislaukolonnia käyttäville opiskelijoille	64
5 Tulosten tarkastelu	66
6 Yhteenveto	69
Lähteet.....	71
LIITE 1: TISLAUSKOLONNIN PI-KAAVIO	75
LIITE 2: ETANOLIN OVA.....	76
LIITE 3: HAASTATTELUKYSYMYKSET	85
LIITE 4: TYÖTURVALLISUUSOHJEET TISLAUSKOLONNILLA TYÖSKENTELEVILLE OPISKELIJOILLE.....	87
LIITE 5: TYÖTURVALLISUUSOHJEET TISLAUSKOLONNILLA TYÖSKENTELEVILLE OPISKELIJOILLE (KUUMANA AJO).....	89

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

ATEX	Yhteisnimitys Euroopan yhteisön direktiiveille 94/9/EY (laitedirektiivi) ja 1999/92/EY (työolosuhtedirektiivi).
EU	Euroopan unioni.
Ex-laite	Räjähdyksvaarallisessa tilassa käytettävä laite tai suojausjärjestelmä.
Ex-luokiteltu	Räjähdyksvaaralliseksi luokiteltu.
HAZOP	Hazard and operability study, poikkeamatarkastelu.
MARS	Major accident reporting system, suuronnettomuuksien raportointijärjestelmä.
metsoDNA	Metso dynamic network of applications, Systeemitekniikan laitoksen tislauksolonnin automaatiojärjestelmä.
OVA-ohjeet	Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet - turvallisuusohjeet.
PHA	Preliminary hazard analysis.
PIDSQ-algoritmi	Systeemitekniikan laitoksen tislauksprosessissa oleva pinnan korkeuden säätimen neliöllinen algoritmi.
PI-kaavio	Putkitus- ja instrumentointikaavio.
PI-säädin	Proportional + integral control, integroiva säätö.
POA	Potentiaalisten ongelmien analyysi.
Pronto	Sisäasiainministeriön ylläpitämä pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustietojärjestelmä.
Pt100	Vastuslämpötila-anturi.
TTA	Työn turvallisuusanalyysi.
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.
VARO-rekisteri	Vaurio- ja onnettomuusrekisteri.

1 JOHDANTO

Systeemitekniikan laitoksella on käytössä tislauskolonni, joka on rakennettu vuonna 1983 opetus- ja tutkimuskäyttöön. Vuonna 2014 tislauskolonni modernisoidaan osana Tampereen teknillisen yliopiston tutkimuksen ja opetuksen infrastruktuurien kehittämistä. Modernisoinnin aikana uusitaan tislauskolonniin liittyvä automaatio, tehdään pieniä uudistuksia fyysiseen toteutukseen sekä muutetaan työympäristöä. Tämä diplomityö tehdään osana tislauskolonnin modernisointia. Tarve diplomityön toteuttamiselle syntyi, koska Systeemitekniikan laitos haluaa kiinnittää huomiota tislauskolonnin turvallisuuteen, sen työympäristön parempaan toimivuuteen sekä turvalliseen työskentelyyn tislauskolonnilla.

Tislauskolonni on tehty sen toteutusaikaisten määräysten mukaisesti, jotka kaikki eivät välttämättä ole nykyajan määräysten mukaisia. Nyt varmistetaan, että tislauskolonni vastaa nykyajan turvallisuusvaatimuksia ja sille tehdään tarvittavat päivitykset. Parantamalla työympäristöä voidaan lisätä opiskelijoiden ja henkilökunnan työturvallisuutta sekä työhyvinvointia. Lisäksi Systeemitekniikan laitos saa käytettäväkseen työturvallisuusohjeet opiskelijoille, jotka työskentelevät tislauskolonnilla.

Tislauskolonnin käyttökokemuksia tai mahdollisia läheltä piti -tilanteita ei ole kirjattu ylös. Tislauskolonnille on tehty käyttöönoton yhteydessä siihen aikaan vaaditut tarkastukset ja näihin tarkastuksiin liittyvä materiaali kerätään. Niistä saadaan tietoa, kuinka paljon tislauskolonnin turvallisuutta on pohdittu ja kehitetty ennen sen käyttöönottoa. Lisäksi tislauskolonnin toteutukseen liittyvästä aiemmasta diplomityöstä saadaan tietoa tislauskolonnin turvallisuuteen liittyvistä asioista.

Tämän diplomityön tavoitteena on tunnistaa tislauskolonnin käyttöön liittyvät vaarat ja mahdolliset onnettomuudet sekä laatia työturvallisuusohjeet tislauskolonnilla työskenteleville opiskelijoille. Tislauskolonnille ja sen työympäristölle tehdään turvallisuusanalyysit, joiden avulla kartoitetaan niihin liittyvät vaara- ja riskitekijät. Turvallisuusanalyysien avulla tunnistettujen riskien suuruus ja merkittävyys arvioidaan, minkä perusteella valitaan turvallisuustoimenpiteitä vaativat riskit. Tämän jälkeen kehitetään toimenpiteitä valittujen riskien poistamiseksi tai pienentämiseksi siedettävälle tasolle. Riskianalyysien lisäksi riskien tunnistamiseksi haastatellaan Tampereen teknillisen yliopiston työsuojelupäällikköä sekä henkilökuntaa, tutustutaan TUKESin VARO-rekisteriin sekä toteutetaan poikkeamatarkastelu ja työn turvallisuusanalyysi työryhmän kanssa.

Tislauskolonnille ei toteuteta erillistä turva-automaatiojärjestelmää, joten sen käsittely jätetään työn ulkopuolelle. Diplomityö ei ota myöskään kantaa mahdollisen pelastussuunnitelman päivitykseen.

Työn ensimmäisessä osatehtävässä haastatellaan tislauskolonnilla työskennelleitä henkilöitä ja kerätään käyttökokemuksia tislauskolonnista. Henkilökunnan haastattelun jälkeen haastatellaan turvallisuusasiantuntijaa, Tampereen teknillisen yliopiston työsuojelupäällikköä. Haastattelujen jälkeen tutustutaan TUKESin VARO-rekisteriin, josta löytyy onnettomuuksia sekä vaaratilanteita tislauskolonniin liittyen. Näitä onnettomuuskuvauksia tarkastellaan Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonnin näkökulmasta ja mietitään, saadaanko niistä jotain tietoa, jota voidaan hyödyntää diplomityön kohteeseen. Tämän jälkeen perehdytään vaarojen tunnistamismenetelmiin ja niiden teorioihin, jonka jälkeen menetelmät toteutetaan erikseen valitun työryhmän kanssa. Tässä työssä vaarojen tunnistamismenetelminä käytetään potentiaalisten ongelmien analyysia, poikkeamatarkastelua eli HAZOP-analyysia sekä työn turvallisuusanalyysia. Vaarojen tunnistamisen jälkeen niiden suuruus ja merkittävyys arvioidaan, minkä perusteella valitaan kehityskohteet. Tislauskolonniin ja sen käyttöön liittyvien vaarojen ja riskien tunnistamisen jälkeen tunnistetaan työympäristöön liittyvät riskitekijät ja kehitetään työympäristöä systemaattisesti, jotta siitä saataisiin toimivampi. Työympäristön systemaattinen kehittäminen pitää sisällään suunnitteluongelman ja vaatimusten esittämisen, vaihtoehtojen osaratkaisujen esittämisen ja niistä rakennettavien kokonaisratkaisujen esittämisen sekä ratkaisujen hyvyyden ja hyväksyttävyyden arvioimisen. Tämän jälkeen toteutetaan työturvallisuusohjeiden laatiminen jokaiselle eri tislauskolonnilla käyttävälle opiskelijaryhmälle erikseen. Viidentenä lukuna on tulosten tarkastelu, jossa pohditaan muun muassa tulosten oikeellisuutta ja luotettavuutta, mitä uutta tietoa ja ratkaisuja työssä syntyi, mitä käytännön vaikutuksia työllä on ja mitä työn teettäjän kannattaa seuraavaksi tehdä tämän diplomityön tulosten perusteella. Työn viimeisessä kappaleessa on yhteenveto työn suorittamisesta ja sen tuloksista.

2 TEORIA

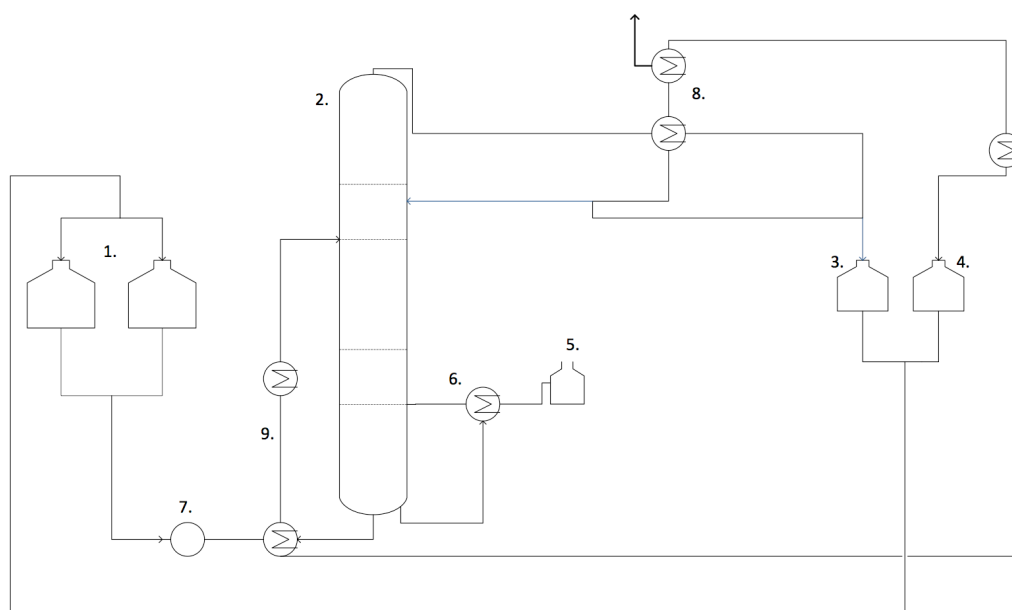
2.1 Tislauskolonni

Tislaus on kemiallisen prosessiteollisuuden tärkeä osaprosessi. Se perustuu aineiden kiehumislämpötiloihin, jotka ovat seurausta aineiden kemiallisista ominaisuuksista. Binnäritislaus on perustapa, jossa tislattava liuos muodostuu kahdesta komponentista, joista kevyempi, eli alhaisemmassa lämpötilassa kiehuva, komponentti erottuu höyryn mukana ja raskaampi komponentti jää liuokseen. Erotuskyvyn parantamiseksi kolonnissa käytetään välipohjia. Ylöspäin nouseva höyry tiivistyy välipohjalla ja sen pitoisuus nousee siirryttäessä ylöspäin, kun taas tiivistynyt liuos virtaa alaspäin välipohjalta toiselle. (Hännikäinen & Laitinen, s. 3-4.)

Diplomityössä tarkasteltavan tislauskolonnin tislauslaitteisto koostuu kolonnista, säiliöistä, lämmönsiirtimistä, putkistoista, pumpuista, venttiileistä, lauhteenpoistimista ja höyrykehittimestä (Hännikäinen & Laitinen, s. 6). Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonnin yksinkertaistettu putkitus- ja instrumentointikaavio (*PI-kaavio*) on esitetty kuvassa 2.1, jossa:

- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| 1. syöttösäiliöt | 2. kolonni |
| 3. tisesäiliö | 4. alitesäiliö |
| 5. höyrykattila | 6. pohjakiehutin |
| 7. pumppu | 8. päälauhdutin ja varalauhdutin |
| 9. syötön esilämmitys ja lämmitys. | |

Tarkempi PI-kaavio löytyy liitteestä 1.



Kuva 2.1 Yksinkertaistettu PI-kaavio Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonnista

Kolonnin korkeus on 5,7 m ja halkaisija 0,3 m. Se koostuu 12 välipohjasta, joilla tehostetaan tislauksen prosessin toimintaa. Kolonniin syötettävä liuos tulee kahdesta syöttösäiliöstä, joissa on noin 30-40 prosentista vesi-etanoliliuosta. Syöttösäiliöiden tilavuudet ovat 1 m³ ja tisle- ja alitesäiliöt ovat tilavuudeltaan 0,5 m³. Systeemitekniikan laitoksen tislaukskolonni on mittasuhteiltaan pienempi kuin vastaavat teolliset kolonnit. Se antaa kuitenkin dynamiikaltaan luonnollisen kuvan ja se on hyvä kohde testata ja tutkia jatkuvien prosessien säätöalgoritmeja. (Hännikäinen & Laitinen, s. 6.)

Standardimallisilla putkilämmönsiirtimillä neste kulkee putkipuolella ja höyry vaippapuolella. Niitä käytetään syötön lämmitykseen, tislehöyryn haihdutukseen sekä kolonnin lämmitykseen. (Hännikäinen & Laitinen, s. 6.)

Kolonnin putkistot jakautuvat neljään osaan: prosessineste-, höyry-, kylmävesi- ja huohotusputket. Prosessinesteputkisto muodostuu syöttö-, tisle-, alite- ja palauteputkistoista. Syöttövirtauksen ja kolonnin pohjan lämmityksen hoitaa höyryputkien lämmitys höyry. Tislehöyryn lauhdutusvesi kulkee kylmävesiputkissa. Kapasiteettiongelmien estämiseksi lauhdutukseen on varattu kaksi lämmönvaihdinta. Putkistolla on oma jäähdyttimensä, jonka avulla estetään, ettei tisle haihdu ulkoilmaan. (Hännikäinen & Laitinen, s.6.)

Prosessin kolme pumppua ovat vakiokierrosnopeudella toimivia, jonka vuoksi virtauksia säädetään säätöventtiileillä. Pumput hoitavat tisle-, alite-, palaute- ja syöttövirtaukset. Prosessin säätöoperaatiot hoidetaan seitsemällä säätöventtiilillä. Pallosegmentti-venttiileitä käytetään syötön, alitteen, tisleen ja palautteen säätöön. Palloventtiileitä käytetään höyryn ja lauhdutusveden säätöön. Joidenkin säätöventtiilien säätöalueet ovat varsin kapeita, koska venttiilit on väärin mitoitettu. Tämän takia useita ohjauksia on rajoitettu. Prosessissa on myös erilaisia käsiventtiileitä. (Hännikäinen & Laitinen, s. 6.)

Höyrykehittimellä hoidetaan prosessin lämmöntuotto. Höyrykehitin muodostuu sähkökattilasta, syöttövesipumpusta ja syöttövesisäiliöstä, pinnankorkeuden- ja painesäätimistä, venttiileistä sekä säätövarusteista. (Hännikäinen & Laitinen, s. 6.)

2.1.1 Tislauksen prosessi

Kolonniin pumpattava syöttöneste kulkee kahden lämmönsiirtimen läpi, joista ensimmäisessä, syötön esilämmittimessä, syötteeseen siirtyy kuumasta alitteesta lämpöä, jonka määrää ei voida säätää. Toisessa lämmönsiirtimessä syöte lämmitetään haluttuun lämpötilaan höyryn avulla. Syöte tislautuu osittain höyryvirtaan ja osittain nestevirtaan, kun se saapuu kolonnin välipohjalle. (Toivonen, 1983, s. 89.)

Välipohjalta välipohjalle valuva neste joutuu lopulta kolonnin pohjaosaan. Pohjaosaan valuneesta nesteestä osa johdetaan alitteena eli pohjatuotteena kolonnista pois, tämä alite johdetaan lämmönsiirtimen kautta alitesäiliöön. Loppuosa pohjatuotteesta palaa takaisin kolonniin pohjakiehuttimen kautta. Laimea nesteseos kiehuu pohjakiehuutimessa ja höyry paisuu kolonniin. Höyry alkaa kohota välipohjien kellojen läpi kohti kolonnin huippua. Osa höyryn raskaammasta komponentista tiivistyy ja osa nesteen kevyemmästä komponentista höyrystyy, kun kellot pakottavat höyryn kupliimaan välipohjalla olevan nestekerroksen läpi. Näin ylöspäin virtaava höyry rikastuu kevyemmäs-

tä komponentista ja alaspäin virtaava neste raskaammasta komponentista. (Toivonen, 1983, s. 90.)

Väkevöitynyt höyry, joka on saavuttanut kolonnin huipun, joutuu lauhtumisen aiheuttaman alipaineen vetämänä päälauhduttimeen. Höyry tiivistyy päälauhduttimessa kylmien lauhdutusputkien pinnalle ja valuu nesteenä tisleakkuun. Tisleakusta osa valmistetaan pumpataan takaisin kolonnin ylimmälle välipohjalle, tätä nestevirtaa kutsutaan palautteeksi. Loput nesteet johdetaan jäähdyttimen läpi tisesäiliöön. (Toivonen, 1983, s. 90.)

2.1.2 Automaatiojärjestelmä ja instrumentointi

Tislauskolonnin automaatiojärjestelmä koostuu kahdesta osalaitteistosta, instrumentoinnista ja automaatiojärjestelmästä. Automaatiojärjestelmä otettiin käyttöön 2000 ja se on Metso Automationin MetsoDNA. Kolonnin instrumentoinnit ovat pääsääntöisesti alkuperäisiä. Instrumentointiin kuuluvat anturit, säätöventtiilien toimilaitteet asennoitettuihin sekä käsiventtiilit, joilla suoritetaan prosessin hallinta. (Hännikäinen & Laitinen, s. 8.) Tislauskolonnin modernisointi ei vaikuta kolonnin instrumentointiin muuten kuin siten, että toimimattomat vaihdetaan uusiin sekä lisätään yksi uusi venttiili ja sille ohjain (Hara, 2015, s. 86).

Pyörivään roottoriin perustuvalla virtausmittarilla mitataan virtaukset. Anturiin indusoituu pulssijakso kammiossa pyörivästä roottorista, pulssijakso muutetaan lähettimessä standardivirtaviestiksi. (Hännikäinen & Laitinen, s. 8.)

Lämpötiloja mitataan Pt100-vastuslämpötila-antureilla. Viesti muutetaan standardiviestiksi mittauslähettimellä. Säädoissa on otettava huomioon antureiden aikavakio, noin 15 sekuntia. Anturin, joka mittaa höyryvirtauksen lämpötilaa, aikavakio on noin 3 sekuntia. (Hännikäinen & Laitinen, s. 8.)

Absoluuttista painetta kolonnin huipulla mitataan elektronisella painelähettimellä. Elektronisella paine-erolähettimellä mitataan akun ja pohjan pinnankorkeutta. Nämä kaikki toimivat samalla periaatteella ja perustuvat differentiaalikondensaattorin kapasitanssin muutoksen mittaamiseen. Akun pinnankorkeuden lähetin on viritetty 0...0,3 metrin alueelle ja pohjan pinnankorkeuden mittausalue 0...0,7 metrin alueelle. (Hännikäinen & Laitinen, s. 8.)

Säätöventtiililaitteisto, jolla ohjataan prosessia, koostuu säätöventtiilistä, pneumaattisesta toimilaitteesta ja asennoittimesta. Käyttövoima saadaan Tampereen teknillisen yliopiston paineilmaverkosta ja se on 6 barin paineilmaa. Useat prosessin säätöventtiilit eivät ole säätöominaisuuksiltaan parhaat mahdolliset, sillä ne ovat huomattavasti ylimitoitettuja. Tämä johtuu silloisesta valikoimasta, josta säätöventtiilit on valittu. Alkuperäinen lämmityshöyryventtiili on vaihdettu, mikä on parantanut prosessin hallittavuutta huomattavasti. Alkuperäinen lämmityshöyryventtiili ei reagoanut pieniin ohjausmuutoksiin venttiilissä olevan hystereesin takia. Prossiin aiheutui selvästi havaittava häiriö, kun ohjausmuutos kasvoi riittävän suureksi ja venttiili liikahti liian voimakkaasti. (Hännikäinen & Laitinen, s. 9.)

2.1.3 Tislauskolonnin säätöperiaate

Diplomityössä ei oteta kantaa tislausprosessin säätöön, mutta prosessin kokonaisvaltaiseksi ymmärtämiseksi on hyvä esittää tislauskolonnin yleiset säätöperiaatteet. Tuotteen laadulla voidaan mitata tislausprosessin laatua. Tislausprosessin tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman tasalaatuista tuotetta sekä mahdollistaa järjestelmän tasapainotilan nopeat muutokset. Tärkeimmät säädettävät suureet tuotteen laadun kannalta ovat huipun ja pohjan lämpötilat. Koko prosessin hyvää ja tasapainoista ohjausta ja hallintaa vaaditaan kuitenkin hyvän säätötuloksen saavuttamiseksi. Prosessissa ei ole pitoisuusmittausta, jonka takia tisleen pitoisuutta voidaan säätää ainoastaan höyry-nestekäyrien ja huipun lämpötilan säätöä hyväksikäyttäen. (Hännikäinen & Laitinen, s. 9.)

Huipun lämpötilaa säädetään palautevirtauksen avulla, jonka vaikutuksia havainnoidaan mittaamalla kolmanneksi ylimmän välipohjan lämpötilaa. Sen välipohjan vaste antaa parhaimman kuvan huipun lämpötilassa tapahtuvista muutoksista. Lämpötilasäädin ja palautevirtaussäädin ovat kaskadissa, jossa lämpötilasäädin on pääsäädin ja palau-tevirtaussäädin aläsäädin. Kaskadisäädöllä tarkoitetaan, että säätöjärjestelmän kaksi säätösilmukkaa ovat sisäkkäin. (Hännikäinen & Laitinen, s. 9.)

Pohjakiehuttimen höyryvirtauksella ohjataan kolonnin pohjan lämpötilaa. Parhaiten toimiva ja häiriötön säätö saadaan mittaamalla toiseksi alimman välipohjan lämpötila. Ohjaamalla lämmönvaihtimeen virtaavan höyryn määrää voidaan säätää syöttövirtauksen lämpötilaa. Syöttövirtausta säädetään ohjaamalla säätöventtiiliä, jonka asento määritellään mittaamalla virtausmäärää. (Hännikäinen & Laitinen, s. 9.)

Lauhdutustehoa säädetään mittaamalla lauhduttimesta ulos tulevan veden lämpötila, joka pidetään vakiona ohjaamalla lauhdutusveden virtausmäärää. Tisleen määrä, pinnankorkeus, pidetään akussa vakiona kaskadisäädön avulla. Kaskadisäädössä akun pinnankorkeussäädin toimii pääsäätimenä ja tislevirtaussäädin aläsäätimenä. (Hännikäinen & Laitinen, s. 9.)

Pinnankorkeuden säätimet käyttävät neliöllistä *PIDSQ*-algoritmia ja muut säätimet ovat normaaleja PI-säätimiä. Neliöllinen *PIDSQ*-algoritmi reagoi suuriin muutoksiin herkemmin kuin pieniin. Tislausprosessin säätimet toimivat päivitysvälillä 100 ms, mikä on riittävä prosessin dynamiikalle. (Hännikäinen & Laitinen, s. 9.)

2.2 Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet - turvallisuusohjeet

Työterveyslaitos on valmistellut yhteistyössä eri tutkimuslaitosten, kemikaaliviranomaisten ja kemianteollisuuden asiantuntijoiden kanssa Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -turvallisuusohjeet (*OVA-ohjeet*). Niiden on tarkoitus toimia kemikaaliturvallisuuden tiedonlähteenä pelastuslaitoksille, ympäristönsuojeluviranomaisille, työterveyshenkilöstölle ja sekä kaikille, jotka ovat kiinnostuneita kemikaalien vaaroista. (Työterveyslaitos 2013.)

Lähes kaikilla teollisuuden työpaikoilla ollaan jollain tavalla tekemisissä kemikaalien kanssa. Niitä käytetään, varastoidaan tai kuljetetaan. Tiedontarve yleisimpien kemikaalien vaaroista ja ominaisuuksista on kasvanut. OVA-ohjeita on tällä hetkellä 120 kappaletta ja uusia ohjeita tuotetaan lisää vuosittain muutamia. Jokaisessa turvallisuusohjeessa on tiedot aineen fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista, reaktiivisuudesta, palo- ja räjähdysvaarasta, aineen luokituksesta ja merkinnöistä, raja-arvoista ja käytöstä. Lisäksi ohjeissa käsitellään aineiden terveysvaaraa ja vaikutusta ympäristöön, annetaan yleisohjeet onnettomuustilanteissa toimimisesta ja vaaran ehkäisystä. Turvallisuusohjeissa ei ole turvallisuusmääräyksiä, jotka esiintyvät lainsäädännössä. (Työterveyslaitos 2013.)

Turvallisuusohjeita voivat käyttää teollisuuden työpaikat, työsuojeluhenkilöstö ja terveydenhuollon, ympäristönsuojelun sekä palo- ja pelastustoimen viranomaiset. Ohjeita voidaan käyttää apuna esimerkiksi varauduttaessa kemikaaleista aiheutuviin vaaratilanteisiin ja niiden torjuntaan, suunniteltaessa työsuojelua ja ympäristönsuojelua, arvioitaessa työn aiheuttamaa kemikaalialtistumista ja jaettaessa tietoa työssä käytettävistä vaarallisista aineista. (Työterveyslaitos 2013.)

2.3 Etanoli ja sen vaaralliset ominaisuudet

Etanolin Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -ohje käsittelee vedetöntä etanolia. Tässä kappaleessa kerrotaan etanolin ominaisuuksista, jotka ovat tämän työn kannalta oleellisia. Liitteessä 2 on esitettyä etanolin OVA-ohje kokonaisuudessaan. Etanoli on väritön neste, jolla on viinamainen haju. Denaturoidun etanolin haju voi olla epämiellyttävä. (Työterveyslaitos 2014.)

Etanoli on palava neste, joka syttyy herkästi lämmön, kipinöiden ja liekkien vaikutuksesta. Tämän takia etanoli on suojattava lämmöltä, kipinöiltä, avotulelta sekä kuumilta pinnoilta. Lisäksi tupakointi on kielletty sen läheisyydessä. Reaktio voimakkaiden hapettimien kanssa aiheuttaa myös palo- ja räjähdysvaaran. Yli 13 °C lämpötiloissa etanolihöyry voi muodostaa syttyvän seoksen ilman kanssa ja aineen vuotaminen sisätiloihin ja viemäreihin aiheuttaa räjähdysvaaran. Tulipalon kuumentama etanolisäiliö voi repeytyä. (Työterveyslaitos 2014.)

Etanolin kanssa on käytettävä räjähdysturvallisia sähkölaitteita (Työterveyslaitos 2014). Tislauskolonnissa on käytössä pääosin pneumaattiset toimilaitteet. Asennoitin on sähkö-pneumaattinen, mutta sekin on luokiteltu Ex-laitteeksi. (Pietilä, 2014.)

Etanolia tulee käsitellä ja varastoida erillään syttymis- ja lämmönlähteistä sekä hapettavista aineista. Etanoli pitää varastoida viileässä, kuivassa, hyvin tuuletetussa, aurionvalolta suojatussa ja paloturvallisessa tilassa. Etanolin käsittelyä ja varastointia koskevat valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta (855/2012) ja valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista (856/2012) sekä ATEX-säädökset, valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta. (Työterveyslaitos 2014.)

2.4 Riskit

Riski on vaarallisen tapahtuman tai altistumisen esiintymistodennäköisyyden ja niiden seurausten haittojen yhdistelmä (BS 18004: 2008, s. 75). Riskillä tarkoitetaan vahingon mahdollisuutta. Riskeihin voidaan vaikuttaa ja varautua, sillä lähes kaikki riskit ovat ihmisten aiheuttamia. Myös luonnonilmiöt voivat aiheuttaa vahinkoja, mutta myös niitä vastaan voi suojautua ja niiden seurauksiin voi varautua. Riskien toteutuminen johtuu usein siitä, ettei niihin ole osattu, huomattu tai ehditty kiinnittää huomiota. Ihminen voi ottaa riskejä myös tietoisesti. (Suomen Riskienhallintayhdistys 2013.)

2.4.1 Riskilajit

Riskienhallinnan perusasioihin kuuluu riskien luokittelu, jonka avulla on helpompi vertailla eri riskejä keskenään. Sen avulla parannetaan riskitietoisuutta organisaatiossa ja lisätään ymmärrystä riskien keskinäisistä suhteista. Riskien luokittelu on riippuvainen arvioivasta yksilöstä, toimialasta, ajankohdasta ja kontekstista, mutta yksi vakiintuneimmista tavoista on luokitella riskit neljään riskilajiin: strategisiin riskeihin (liiketoimintariskit), operatiivisiin riskeihin, taloudellisiin riskeihin ja vahinkoriskeihin. Riskien luokittelun avulla voidaan varmistaa, että organisaatiossa on tunnistettu kattavasti kaikki olennaiset riskit. Riskien jaottelua voidaan käyttää tarkistuslistan tavoin riskien tunnistamisessa ja näin voidaan varmistua siitä, että kaikki riskilajit on käyty läpi ja kaikki uhkaavat riskit on pyritty tunnistamaan. (Ilmonen et al. 2010, s. 70.)

Riskien luokittelu tehdään toisaalta niiden lähteen ja toisaalta niiden tyyppin mukaan. Tekijät, joiden vaikutuksesta riski toteutuu, ovat riskien lähteitä. Tekijöitä riskien toteutumiseksi voi olla useita; sisäisiä sekä ulkoisia. Riskin tyypeillä tarkoitetaan sitä, mihin organisaation toimintoihin riskit voivat vaikuttaa. (Ilmonen et al. 2010, s. 70.)

2.4.2 Riskin suuruus

Riskinarviointiprosessissa tarkoituksena on ymmärtää vaarat, jotka saattavat vaikuttaa organisaation toimintaan ja varmistaa, että nämä sekä ihmisiin vaikuttavat riskit arvioidaan, priorisoidaan ja käsitellään hyväksyttävälle tasolle. Riskin suuruuden määrittäminen esitellään britannialaisessa standardissa BS 18004:2008 Guide to achieving effective occupational health and safety performance. Riskin suuruus määritellään sen aiheuttaman vaaran tai haitan seurausten vakavuuden ja niiden esiintymistodennäköisyyden perusteella. (BS 18004: 2008, s. 68, 75.)

Kun määritellään riskin aiheuttamaa haittaa, joudutaan miettimään seuraavia kysymyksiä:

- miten haitta vaikuttaa ihmiseen?
- mitä haitasta seuraa?

Kun riskin suuruutta määritellään on huomioitava sekä sen lyhyen että pitkän aikavälin vaikutukset. Taulukossa 2.1 on esiteltyä eräs riskien seurausten suuruuden luokittelu.

Taulukko 2.1. Riskin seuraukset (BS 18004: 2008, s. 80.)

Seuraukset	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Terveys	Pieni kiusa ja ärsytys, väliaikainen sairastuminen ja epämukava olo, esim. päänsärky	Altistuminen voi johtaa pysyvään pieneen vammaan, esim. osittainen kuulon heikentyminen, ihotulehdus, astma, työperäiset sairaudet	Hengenvaaralliset sairaudet, vaikea elinikää lyhentävä sairaus, pysyvä merkittävä vamma tai sairaus
Turvallisuus	Pinnalliset vammat, esim. pienet haavat ja naarmut, silmä-ärsytys	Haavat, palovammat, aivotärähdys, vakavat nyrjähdykset, pienet murtumat	Kohtalokas tai vakava loukkaantuminen, esim. amputaatio, useat eri vammat, suuret murtumat

Yrityksen on sopeutettava seurausten luokittelu sopimaan sen omaan toimintaan. Seuraukset voidaan jakaa myös neljään luokkaan: vähäiset, haitalliset, vakavat ja erittäin vakavat seuraukset. Taulukko 2.1 sopii yrityksille, joissa on alhaisen riskin toimintaa ja erittäin vakavat seuraukset ovat epätodennäköisiä. (BS 18004: 2008, s. 80.)

Riskin todennäköisyyteen vaikuttavat muun muassa:

- riskin aiheuttavan vaaran tai haitan esiintymistiheys
- vaaran tai haitan kesto
- yksilön tai ryhmän haavoittuvaisuus (esimerkiksi kokematon työntekijä)
- häiriö laitteistoissa sekä
- ohjeiden vastainen toiminta.

Organisaatio luokittelee riskin todennäköisyydet heille sopiviin kategorioihin. Liian tarkat ja pieniin osiin jaetut todennäköisyydet voivat kuitenkin tehdä johdonmukaisesta päättelystä vaikeaa. Taulukossa 2.2 on esitetty riskin todennäköisyyden luokittelu. (BS 18004: 2008, s. 80-82.)

Taulukko 2.2. Riskin todennäköisyyden luokittelu (BS 18004: 2008, s. 82).

Riskin todennäköisyys	Hyvin todennäköinen	Todennäköinen	Epätodennäköinen	Erittäin epätodennäköinen
	Yksilö kokee riskin tyypillisesti ainakin kerran puolessa vuodessa	Yksilö kokee riskin tyypillisesti kerran viidessä vuodessa	Yksilö kokee riskin tyypillisesti kerran työuransa aikana	Yksilöllä alle 1% mahdollisuus kokea riski työuransa aikana

Taulukossa 2.3 on esitelty yksinkertainen riskin suuruuden määrittäminen riskimatriisin avulla. Riskit on arvioitu niiden todennäköisyyden ja haitallisten seurausten mukaan, yhdistämällä taulukoissa 2.1 ja 2.2 esitetyt luokat. Riskimatriisi esitetään standardissa BS 18004. (BS18004: 2008, s. 82.)

Taulukko 2.3. Riskin suuruus (BS 18004: 2008, s. 83)

Todennäköisyys	Seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Erittäin epätodennäköinen	1 Merkityksetön riski	1 Merkityksetön riski	4 Merkittävä riski
Epätodennäköinen	1 Merkityksetön riski	3 Kohtalainen riski	5 Sietämätön riski
Todennäköinen	2 Vähäinen riski	4 Merkittävä riski	5 Sietämätön riski
Hyvin todennäköinen	2 Vähäinen riski	5 Sietämätön riski	5 Sietämätön riski

Riskiin liittyvien selvitysten perusteella valitaan ensimmäisenä riskin seurausten vakavuus taulukon ylimmältä riviltä, jonka jälkeen valitaan tapahtuman todennäköisyys ensimmäiseltä pystysarakkeelta. Riskin suuruus on valittujen kohtien leikkauspisteessä. Pienimmillään riskin suuruus saa arvon 1 eli merkityksetön riski ja suurimmillaan arvon 5 sietämätön riski. (Suomen Riskienhallintayhdistys 2013.)

Riskinarvioinnissa erityinen huomio pitää kiinnittää riskeihin, joihin liittyy haitallisia ja vakavia seurauksia. Näitä riskejä tulee arvioida myös ilman mahdollisia jo olemassa olevia riskienhallintatoimenpiteitä. Näin voidaan painottaa riskienhallintatoimenpiteiden tärkeyttä. Esimerkiksi työskentely kovaa meteliä pitävän laitteen läheisyydessä kuulosuojaimia käyttäen luokitellaan vähäiseksi riskiksi, mutta samainen työskentely ilman kuulosuojaimia olisi suuri riski kuuroutumisen kannalta. (BS 18004: 2008, s. 83.)

Riskejä löytyy usein niin paljon, kun niitä ryhdytään tunnistamaan, ettei kaikkia ongelmia voida hoitaa yhdellä kertaa. Tämän takia on tärkeää tunnistaa isoimmat riskit, jotka vaativat kiireellisimmin ratkaisua. (Suomen Riskienhallintayhdistys 2013.) Näin ollen toimenpiteisiin ryhdytään, kun riski kasvaa. Näin varmistetaan, ettei turvallisuutta vaaranneta. Kun riski on matalan, eli merkityksettömän tai vähäisen riskin alueella, riskin pienentämisellä ei tavoiteta turvallisuustason merkittävää kasvua. Riskin aiheuttavia oloja tarkkaillaan riskin kohotessa. Kun riskin suuruus on kohtalainen, merkittävä tai sietämätön, niin riskin suuruutta on pienennettävä. Riski voi olla myös niin suuri, että ennen sen pienentämistä työtä ei saa aloittaa tai jatkaa. (Työsuojeluhallinto 2014.)

Riskinoton tuottama hyöty sekä riskien poistamismahdollisuus vaikuttavat riskin hyväksyttävyyteen. Riskin hyväksyttävyyteen vaikuttavat muun muassa:

- onko riski vapaaehtoinen?
- onko riskien vaikutukset välittömiä vai tulevatko ne viiveellä?

- onko muita vaihtoehtoja?
- riski tunnetaan riittävän tarkasti?
- voidaanko riskiin altistuminen välttää?
- kohdataanko riski työssä vai vapaa-aikana?
- onko vaara tavallinen vai erityisen vaarallinen?
- vaikuttaako riski tavallisiin vai erityisen herkkiin ihmisiin, esimerkiksi lapsiin?
- onko riskin seuraukset palautuvia vai pysyviä?

Lainsäädäntöön on asetettu vähimmäisvaatimuksia työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle. Näiden asetusten rajoissa voidaan miettiä, onko riski hyväksyttävä vai ei. (Työsuojeluhallinto 2014.) Taulukossa 2.4 on esitelty riskin hyväksyttävyyden arvioiminen.

Taulukko 2.4. Riskin hyväksyttävyys (BS 18004: 2008, s. 84)

Riskin suuruus	Hyväksyttävyyden arvioiminen
1 Merkityksetön riski	Hyväksyttävä
2 Vähäinen riski	Riskejä vähennettävä niin kauan, kun se on kustannusten osalta kannattavaa
3 Kohtalainen riski	
4 Merkittävä riski	
5 Sietämätön riski	Mahdoton hyväksyä

Organisaation pitäisi pystyä määrittämään, ovatko nykyiset riskienhallintatoimenpiteet riittäviä, pitääkö niitä parantaa tai pitääkö kehittää kokonaan uusia toimenpiteitä riskien pienentämiseksi. (BS 18004: 2008, s. 85) Taulukossa 2.5 on esitetty riskien suuruuteen liittyviä hallintatoimenpiteitä.

Taulukko 2.5. Riskin merkitys ja toimenpideluokat (BS 18004: 2008, s. 85)

Riskin suuruus	Toimenpiteet ja aikataulu
1 Merkityksetön riski	Näitä riskejä pidetään hyväksyttävinä. Muita toimenpiteitä tarkastusten lisäksi ei tarvita.
2 Vähäinen riski	Lisätoimenpiteitä ei tarvita, ellei niitä voida toteuttaa erittäin pienillä kustannuksilla (aika, raha ja työpanos). Lisätoimenpiteiden suorittaminen ei ole tärkeää. Seurannalla varmistetaan, että riski pysyy hallinnassa.
3 Kohtalainen riski	On harkittava, tarvitaanko riskien pienentämiseksi lisätoimenpiteitä, mutta riskienhallintatoimenpiteiden kustannukset on otettava huomioon. Riskienhallintatoimenpiteet on toteutettava määrätyn ajan kuluessa. Jos riskiin liittyy haitallisia seurauksia, on seurattava, että toimenpide-ehdotuksia noudatetaan.
4 Merkittävä riski	Riskin pienentämiseksi on tehtävä huomattavia toimenpiteitä ja niiden toteuttaminen tulisi aloittaa välittömästi. Toiminta saateetaan joutua keskeyttämään tai sitä saatetaan joutua rajoittamaan siksi aikaa, kun riskienhallintatoimenpiteet on saatu toteutettua. Riskien pienentämiseksi saatetaan tarvita huomattavia resursseja. Jos riskiin liittyy suuria haittoja tai erittäin suuria haittoja, on seurattava, että riskienhallintatoimenpiteet toteutetaan.
5 Sietämätön riski	Näitä riskejä ei voida hyväksyä. Merkittäviä toimenpiteitä tarvitaan, jotta riskitaso saadaan pienennettyä hyväksyttävälle tasolle. Työ täytyy keskeyttää siksi aikaa, kun riskienhallintatoimenpiteet on suoritettu ja riskitaso on laskenut hyväksyttävälle tasolle. Jos riskin tasoa ei onnistuta laskemaan, työ on kiellettävä.

Kun riskien merkittävyys on selvitetty ja on päätetty, mitä riskejä ryhdytään hallitsemaan, on aika päättää toimenpiteet ja toteuttaa ne. Riskejä voidaan hallita monilla keinoilla. Ensisijaisesti pitäisi pyrkiä estämään vahingon syntyminen tai vähentämään sen aiheuttamia seurauksia. Ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä kutsutaan vahingontorjunnaksi. Riskin suuruus määrittelee toimenpiteiden tarpeen: mitä suurempi riski, sitä tärkeämpää on sen nopea ja tehokas pienentäminen. Toimenpiteen valintaan vaikuttavat riskin suuruuden lisäksi muun muassa toimenpiteen kustannus/hyöty-suhde, toimenpiteen toteuttamisen helppous, sen aiheuttamat välittömät ja välilliset seuraukset sekä aikataulu. (Suomen Riskienhallintayhdistys 2013.)

Koko riskiä ei aina voida poistaa, siksi on syytä varautua vahinkojen sattumiseen. Varautumisen ansiosta varmistetaan sujuva toiminta myös ongelmatilanteissa. Kun vahinko tapahtuu, on liian kiire ja myöhäistä miettiä, mitä pitäisi tehdä. Etukäteen on suunniteltava, miten vahingosta toivutaan ja palataan takaisin normaaliin toimintaan. Jos vahinkoja sattuu, on syytä selvittää miksi vahinko sattui ja miten vastaavat tilanteet voidaan torjua tulevaisuudessa. (Suomen Riskienhallintayhdistys 2013.)

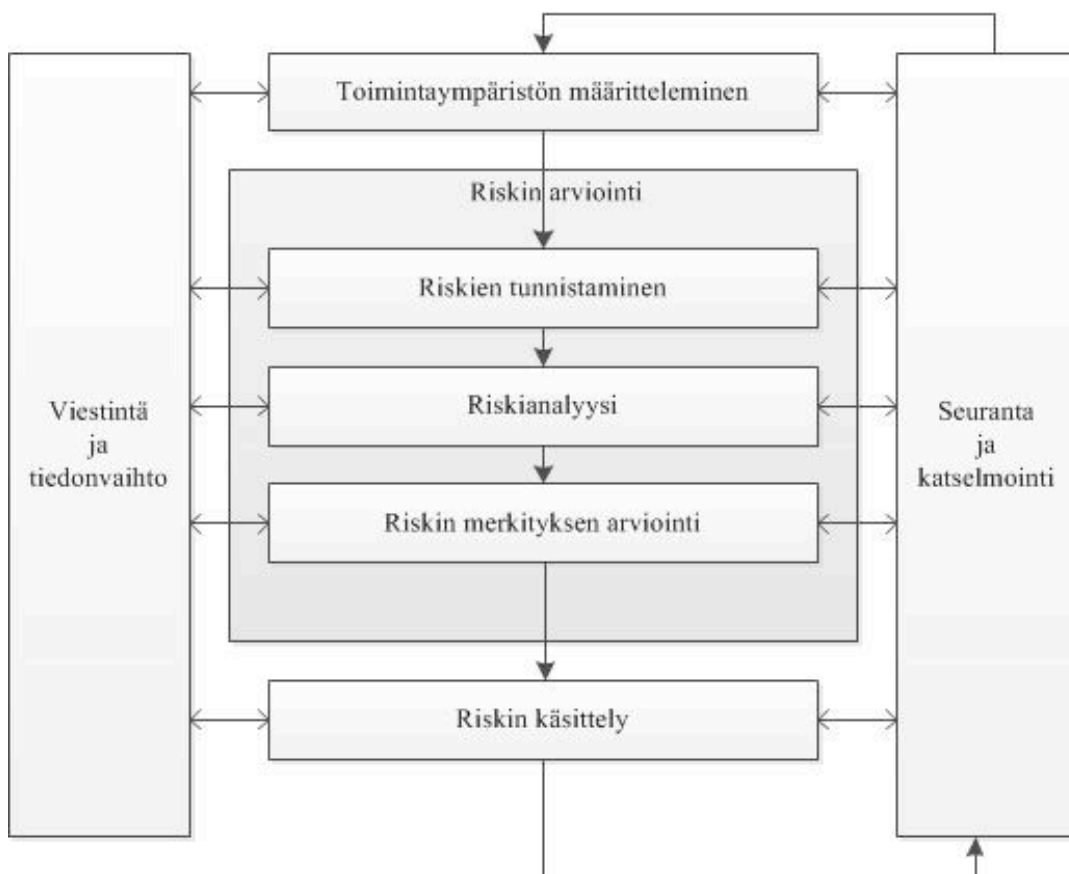
Toiminnan seuranta sekä palautteen antaminen on myös tärkeää toimenpiteiden toteuttamisen jälkeen. Tilanteet voivat muuttua, mikä vaikuttaa myös riskeihin. (Suomen Riskienhallintayhdistys 2013.) Jatkuva toiminnan seuraaminen ja kehittäminen mahdollistavat, että saavutettu turvallisuustaso voidaan ylläpitää tai sitä voidaan jopa parantaa (Työsuojeluhallinto 2014).

2.5 Riskienhallinta

Työturvallisuuslaki (738/2002) määrittää, että kaikilla työnantajilla on velvollisuus selvittää, tunnistaa ja arvioida työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle aiheutuvat haitat ja vaarat. Työturvallisuuslaki ei kuitenkaan vaadi yritykseltä erillistä turvallisuusjohtamisjärjestelmää (Työsuojeluhallinto 2014). Työturvallisuuslaissa kuitenkin mainitaan työn vaarojen selvittämisestä ja arvioinnista seuraavaa: ”Työnantajan on työn ja toiminnan luonne huomioon ottaen riittävän järjestelmällisesti selvitettävä ja tunnistettava työstä, työajoista, työtilasta, muusta työympäristöstä ja työolosuhteista aiheutuvat haitat ja vaaratekijät sekä, jos niitä ei voida poistaa, arvioita niiden merkitys työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle.” (Työturvallisuuslaki 738/2002.)

Riskienhallinta on järjestelmällistä toimintaa, jolla organisaatiota johdetaan ja ohjataan riskien osalta. Jotta riskienhallinta on vaikuttavaa, sen täytyy noudattaa kansainvälisessä standardissa määritellyjä periaatteita. Kansainvälinen standardi ISO 31000 Riskienhallinta kuvaa järjestelmällisen ja loogisen riskienhallintaprosessin. Standardin yleisluontoinen toimintamalli antaa periaatteet ja ohjeet erimuotoisten riskien hallitsemiseen järjestelmällisellä, avoimella ja uskottavalla tavalla erilaisissa toimintaympäristöissä. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 6, 12.)

Kuvassa 2.1 on esitetty toiminnot, jotka kuuluvat riskienhallintaprosessiin.



Kuva 2.1. Riskienhallintaprosessin toiminnot (SFS-ISO 31000: 2011, s. 34.)

Viestintä ja tiedonvaihto

Ulkoisten ja sisäisten sidosryhmien tulee viestittää ja vaihtaa tietoa kaikkien riskienhallintaprosessin vaiheiden aikana. Tämän takia niitä koskeva suunnitelma on laadittava jo varhaisessa vaiheessa. Tiedonvaihdolla varmistetaan, että sidosryhmät ymmärtävät päätöksenteon perusteet ja syyt siihen, miksi tiettyjä toimenpiteitä tarvitaan. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 34, 36.)

Toimintaympäristön määrittäminen

Riskienhallinnan tavoitteet, ulkoiset ja sisäiset muuttujat, prosessin laajuus sekä riskikriteerit selviävät organisaatiolle, kun se määrittelee toimintaympäristönsä. Toimintaympäristö voi olla ulkoinen tai sisäinen toimintaympäristö. Ulkoisella toimintaympäristöllä tarkoitetaan organisaation ulkoista ympäristöä, jossa se pyrkii saavuttamaan tavoitteensa. Sisäinen toimintaympäristö tarkoittaa sisäisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat tapaan, jolla organisaatio hallitsee riskejä. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 36, 38.)

Ulkoisten sidosryhmien tavoitteiden ja huolenaiheiden huomioon ottaminen riskikriteerien laatimisessa vaatii sen, että ymmärretään ulkoista toimintaympäristöä. Ulkoiseen toimintaympäristöön voivat kuulua esimerkiksi:

- kansainvälinen, kansallinen, alueellinen tai paikallinen toimintaympäristö

- yhteiskuntaan, kulttuuriin, politiikkaan, lainsäädäntöön, viranomaismääräyksiin, rahoitukseen, teknologiaan, talouteen, luontoon tai kilpailukykyyn liittyvä toimintaympäristö
- tavoitteet ja kehityssuunnat
- suhteet ulkoisiin sidosryhmiin sekä
- ulkoisten sidosryhmien näkemykset ja arvot. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 36.)

Sisäiseen toimintaympäristöön voivat kuulua esimerkiksi:

- hallintotapa, organisaatorakenne, roolit ja vastuut
- suhteet sisäisiin sidosryhmiin
- organisaation kulttuuri
- toimintaperiaatteet sekä
- organisaation käyttämät standardit, ohjeet ja mallit. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 38.)

Organisaation on määriteltävä kriteerit, joita käytetään riskien merkityksen arviointiin. Kriteerit kuvastavat organisaation arvoja, tavoitteita ja resursseja. Kriteerit voivat perustua myös lakeihin tai viranomaisten vaatimuksiin sekä muihin organisaatiota sitoviin velvoitteisiin. Riskikriteerit on määriteltävä jokaisen riskienhallintaprosessin alussa. Lisäksi niitä on katselmoitava jatkuvasti. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 40.)

Riskin arviointi

Riskin arviointi sisältää riskien tunnistamisen, riskianalyysin ja riskin merkityksen arvioinnin. Riskin arviointi on kokonaisvaltainen prosessi ja se alkaa riskien tunnistamisella. Riskien tunnistaminen mahdollisimman kattavasti on ratkaisevan tärkeää. Jos riskiä ei tunnisteta tässä vaiheessa, se ei ole mukana myöhemmässä analyysissä. Riskin lähde, vaikutusalue, tapahtumat ja niiden syyt sekä mahdolliset seuraukset tulisi tunnistaa. Tavoitteena on luoda kattava luettelo riskeistä. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 40.)

Riskejä tunnistettaessa olisi tunnistettava kaikki riskit riippumatta siitä, onko niiden lähde organisaation hallinnassa. Myös riskit, joiden lähde tai syy ei ole selvillä, olisi tunnistettava. Erityisseurausten kerrannaisvaikutusten tarkastelu on sisällytettävä riskien tunnistamiseen. Siinä otetaan huomioon myös seurannaisvaikutukset ja kumulatiiviset, kasautuvat, vaikutukset. Riskien tunnistamiseen käytetään sellaisia työkaluja ja menetelmiä, jotka sopivat organisaation tavoitteisiin ja kykyihin sekä sen kohtaamiin riskeihin. Riskien tunnistamisen kannalta on tärkeää, että käytössä on olennainen ja ajantasainen tieto sekä mahdolliset taustatiedot. Mukana riskien tunnistamisessa olisi oltava henkilöitä, joilla on tarvittava tietämys toivotun lopputuloksen saavuttamiseksi. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 40.)

Riskien tunnistamisen jälkeen vuorossa on riskianalyysi, jonka avulla muodostetaan käsitys riskeistä. Se toimii lähtökohtana riskin merkityksen arvioinnille ja päätökselle riskien käsittelyn tarpeellisuudesta ja siitä, mitkä ovat sopivimmat riskienkäsittelystrategiat ja -menetelmät. Sen avulla voidaan saada myös lähtötietoja päätöksenteolle, kun on valittava eri vaihtoehtojen välillä, joihin sisältyy erityyppisiä ja eritasoisia riskejä.

Olosuhteiden mukaan määritetään, onko analyysi laadullinen, määrällinen tai molempien yhdistelmä. Riskin syiden ja lähteiden, niiden myönteisten ja haitallisten seurausten sekä seurausten tapahtumisen todennäköisyyden tarkastelu kuuluu riskianalyysiin. Tekijät, jotka vaikuttavat seurauksiin ja todennäköisyyksiin tulee tunnistaa. Riskien analysointi tapahtuu määrittelemällä riskien seuraukset, tapahtumistodennäköisyydet sekä muut niihin liittyvät ominaisuudet. Riskin tapahtumisella voi olla useita eri seurauksia ja se voi vaikuttaa moniin tavoitteisiin. Samalla on huomioitava myös käytössä olevat riskien hallintakeinot, niiden vaikuttavuus sekä tehokkuus. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 40, 42.)

Riskin tyyppi, millaista tietoa on saatavilla sekä mihin tarkoitukseen riskin arvioinnin tuloksia aiotaan käyttää, vaikuttaa tapaan, jolla riskin seuraukset ja todennäköisyydet ilmaistaan ja jolla ne yhdistetään määrittäessä riskitasoa. Tärkeää on myös huomioida eri riskien ja niiden lähteiden väliset riippuvuudet. Riskien seuraukset ja niiden todennäköisyys saadaan määritettyä mallintamalla tapahtuman tai tapahtumasarjan tulokset tai ekstrapoloimalla kokeista tai käytettävissä olevasta aineistoista. Seurausten aineellisten ja aineettomien vaikutusten avulla voidaan ilmaista seurausten suuruus. Joissain tapauksissa voidaan käyttää useampia kuin yhtä lukuarvoa tai kuvaavaa termiä määrittelemään seurauksia ja niiden todennäköisyyksiä eri aikoina tai eri paikoissa, ryhmissä ja tilanteissa. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 42.)

Riskin arvioinnin viimeisessä vaiheessa arvioidaan riskien merkitystä. Sen tarkoituksena on auttaa tekemään päätöksiä riskianalyysin tulosten perusteella siitä, mitä riskejä on syytä käsitellä ja mikä on niiden käsittelyn tärkeysjärjestys. Riskien käsittelyn tarpeesta päätetään vertailemalla analyysiprosessin aikana havaittuja riskitasoja ja toimintaympäristön määrittelemisen yhteydessä määritettyjä riskikriteereitä. Riski on otettava huomioon laaja-alaisesti päätöksenteossa ja lisäksi on harkittava sietotoleranssi niiden riskien kohdalla, jotka kohdistuvat muihin osapuoliin kuin siihen organisaatioon, joka riskeistä hyötyy. Päätöksentekoon riskien käsittelemisestä vaikuttavat myös lakien ja viranomaisien vaatimukset. Lopputulos riskin merkityksen arvioinnissa voi olla myös päätös, ettei riskiä käsitellä millään muulla tavoin kuin säilyttämällä jo olemassa olevat hallintakeinot. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 42.)

Riskien käsittely

Riskien käsittelyssä valitaan ja toteutetaan yksi tai useampi riskinkäsittelytapa. Riskien käsittely on toistuva prosessi ja siihen kuuluu seuraavat vaiheet:

- riskien käsittelyn arviointi
- päätös, onko jäännösriskien taso siedettävä
- jos jäännösriskin tasoa ei pidetä siedettävänä, aloitetaan uusi riskien käsittely ja
- riskien käsittelyn vaikuttavuuden arvioiminen.

Vaihtoehdot riskien käsittelyssä eivät välttämättä ole toisiaan poissulkevia tai kaikkiin olosuhteisiin soveltuvia. Vaihtoehtoja riskien käsittelyyn voisi olla esimerkiksi riskin lähteen poistaminen, todennäköisyyden muuttaminen, seurausten muuttaminen, riskin

torjuminen sillä, ettei riskin aiheuttavaa toimintaa enää jatketa tai riskin jakaminen toisen osapuolen kanssa. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 42, 44.)

Riskienkäsittelytapojen toteuttamisen vaatimia kustannuksia ja työmäärää verrataan niistä saataviin hyötyihin, kun valitaan sopivinta riskienkäsittelytapaa. Vertailussa on otettava huomioon myös lakien ja viranomaisten vaatimukset sekä muut vaatimukset, esimerkiksi yhteiskuntavastuu. Huomioon olisi otettava myös riskit, jotka voivat vaatia riskin käsittelyä, joka ei ole taloudellisesti perusteltua, esimerkiksi vakavat, mutta harvinaiset riskit. Riskienkäsittelytapoja voidaan soveltaa yksittäin tai yhdessä. Organisaation on hyvä huomioida myös sidosryhmien arvot ja näkemykset ja sopivimmat tiedonvälitystavat organisaation ja sidosryhmien välillä, kun se valitsee riskinkäsittelytapoja. Vaikuttaessaan riskeihin, jotka kohdistuvat organisaation muihin osiin tai sidosryhmiin, organisaation olisi hyvä ottaa nämä tahot mukaan päätöksentekoon riskien käsittelystä. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 44.)

Riskinkäsittelysuunnitelman on selkeästi yksilöitävä, missä tärkeysjärjestyksessä riskinkäsittelytoimenpiteet toteutetaan. Riskinkäsittelytoimenpiteiden epäonnistuminen tai tuloksettomuus voi olla merkittävä riski. Tämän lisäksi riskin käsittely voi aiheuttaa uusia riskejä. Tämän vuoksi riskinkäsittelysuunnitelmassa on oltava mukana seuranta, jonka avulla varmistetaan, että toimenpiteet pysyvät vaikuttavina. Myös seurausriskejä, jotka aiheutuvat riskin käsittelystä, täytyy arvioida, käsitellä, seurata ja katselmoida. Ne olisi sisällytettävä samaan riskinkäsittelysuunnitelmaan kuin alkuperäiset riskit. Näiden riskien välinen yhteys on tunnistettava ja säilytettävä, eikä seurausriskejä saisi käsitellä uusina riskeinä. Valittujen riskien käsittelyvaihtoehtojen toteuttaminen dokumentoidaan riskinkäsittelysuunnitelmaan. Riskinkäsittelysuunnitelmassa kerrotaan ainakin:

- riskinkäsittelytapojen valintaperusteet
- suunnitelman hyväksymisestä ja toteuttamisesta vastuussa olevat tahot
- ehdotetut toimenpiteet
- resurssivaatimukset, huomioiden myös poikkeustilanteet
- toiminnan tason mittarit ja rajoitukset
- raportointi- ja seurantavaatimukset sekä
- ajoitus ja aikataulu.

Riskinkäsittelysuunnitelma olisi yhdistettävä organisaation johtamisprosesseihin. Lisäksi niistä olisi hyvä keskustella sidosryhmien kanssa. Riskin käsittelyn jälkeisen jäännös-riskin luonne ja laajuus olisi oltava päätöksentekijöiden sekä muiden sidosryhmien tiedossa. Se olisi dokumentoitava ja sitä olisi seurattava sekä tarvittaessa käsiteltävä uudelleen. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 44, 46.)

Seuranta ja katselmointi

Seurannan ja katselmoinnin tulee olla suunniteltu osa riskienhallintaprosessia ja niihin liittyvät vastuut tulee määrittää selvästi. Ne voivat tapahtua joko määrävälein tai tilannekohtaisesti. Seuranta- ja katselmointiprosessien olisi katettava kaikki riskienhallintaprosessien osa-alueet, jotta:

- varmistetaan, että hallintakeinot ovat vaikuttavia ja tehokkaita sekä rakenteeltaan että toiminnaltaan
- saadaan lisätietoja ja voidaan parantaa riskin arviointia
- voidaan analysoida tapahtumia, muutoksia, kehityssuuntia, onnistumisia sekä epäonnistumisia ja oppia niistä
- havaitaan ulkoisen ja sisäisen toimintaympäristön muutokset
- havaitaan riskikriteerien ja riskin muuttuminen ja
- tunnistetaan uudet riskit.

Organisaation suorituskyvyn mittarina voidaan käyttää riskinkäsittelysuunnitelmien toteuttamisen edistymistä. Myös seurannan ja katselmoinnin tulokset olisi tallennettava ja niistä olisi raportoitava sekä ulkoisesti että sisäisesti. Seurannan ja katselmoinnin tuloksia voidaan käyttää myös tulevien riskienhallintaprosessien lähtötietoina. (SFS-ISO 31000: 2011, s. 46.)

2.6 Riskien arviointimenetelmiä

Riskien arvioimiseksi laaditut riskianalyysin menetelmät voidaan jakaa vaarojen tunnistamisenmenetelmiin, onnettomuuksien mallintamisenmenetelmiin sekä seurausanalyysieihin. Jokaisella menetelmällä on oma, sille sopiva käyttökohde:

- vaarojen tunnistamisenmenetelmät; rajattujen kohteiden yksityiskohtainen tutkiminen
- onnettomuuksien mallintamisenmenetelmät; kuvaavat yksityiskohtaisesti tapahtumien kulkua ja antavat pohjan onnettomuuksien todennäköisyyden arvioinnille.
- seurausanalyysit; arvioidaan mahdollisten onnettomuuksien välittömiä seurausvaikutuksia. (Teknologian tutkimuskeskus, 2007.)

Tässä luvussa esitellään diplomityössä käytettyjä riskien arviointimenetelmiä.

2.6.1 Poikkeamatarkastelu

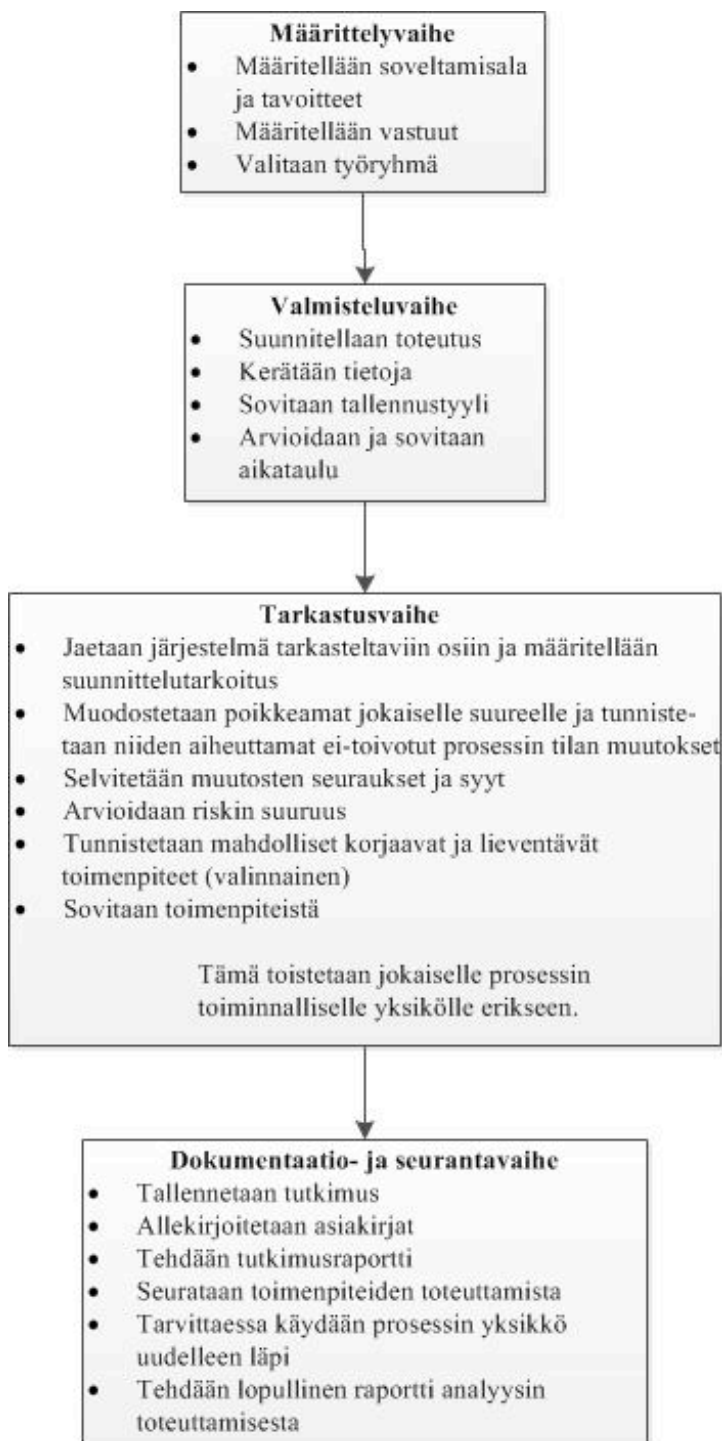
Poikkeamatarkastelu eli HAZOP (*Hazard and operability study*) on eniten käytetty tunnistusmenetelmä prosessiteollisuudessa. Se on hyvä yleismenetelmä, jonka tavoitteena on tunnistaa prosessijärjestelmien häiriöistä aiheutuvat vaarat. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.) Kansainvälisessä standardissa IEC 61882 Hazard and operability studies (HAZOP studies) - Application guide kuvataan menetelmän periaatteet ja menettelyt. Poikkeamatarkastelu on jäsennelty ja järjestelmällinen tekniikka tutkia määriteltyä järjestelmää, jonka tavoitteena on tunnistaa mahdolliset vaarat järjestelmässä. Poikkeamatarkastelun tärkeä etu on se, että tuloksena saatu tieto on jäsenneltyä ja järjestelmällistä, joka helpottaa korjaavien toimenpiteiden määrittelemistä. (BS IEC 61882: 2001, s. 5.)

Poikkeamatarkastelun avulla vähennetään prosessien vaaroja sekä pienennetään viivästyksien todennäköisyyksiä. Poikkeamatarkastelussa jokainen linja tai laite tutkitaan analyysityöryhmän kanssa järjestelmällisesti hyödyntämällä analyysiryhmän jäsenten tietoja ja taitoja tarkastelun kohteesta. (NSW Government, 2008, s. 3.) Poikkeamatar-

kastelu on vaarojen tunnistusmenetelmä, joka pitää järjestelmän osat erillään. Joskus vakavaan vaaraan liittyy vuorovaikutusta useiden järjestelmän osien kesken, joiden tutkimiseen tarvitaan eri riskien arviointimenetelmää, esimerkiksi vikapuuanalyysia. Poikkeamatarkastelu ei tunnista kaikkia eri riskityyppejä, jonka vuoksi sitä tulisi käyttää yhdessä muiden riskien arviointimenetelmien kanssa. Menetelmässä edetään systemaattisesti avainsanojen ja toimintasuureiden muodostamien poikkeamien avulla ja etsitään tilanteita, joissa toimintasuureet voivat poiketa normaaliarvostaan. Poikkeamatarkastelua tekemässä oleva työryhmä miettii, miten poikkeama saattaa esiintyä ja mitä seurauksia sillä voi olla. (BS IEC 61882: 2001, s. 7, 13-14.)

Analyysityöryhmä tarvitsee tarkasteltavasta prosessista riittävän yksityiskohtaisen ja tarkan kuvauksen. Tarkastelujen pohjana käytetään muun muassa virtauskaavioita, putkisto- ja instrumentointikaavioita, sijoituskaavioita, käyttöturvallisuustiedotteita, teknisiä esittelyjä sekä käyttö- ja toimintaohjeita (Rausand, M. 2005a). Ainakin yhden analyysityöryhmän jäsenen on ymmärrettävä näitä lähteitä. Myös muiden vastaavien prosessien valokuvia ja teknisiä kaavioita voidaan käyttää tarkastelun apuna. Ne auttavat visualisoimaan vaaratilanteita. (NSW Government, 2008, s. 7-8.)

Prosessilaitokseen tehtävä poikkeamatarkastelu vaatii toteuttajiltaan merkittävää työpanosta ja hyvää ammattitaitoa. Hyvin toteutettu poikkeamatarkastelu voi tuottaa luotettavia tuloksia ja parantaa laitoksen turvallisuutta ja käyttövarmuutta. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.) Poikkeamatarkastelu koostuu neljästä päävaiheesta, jotka on esitelty kuvassa 2.2.



Kuva 2.2. Poikkeamatarkastelu (BS IEC 61882: 2001, s. 9)

Poikkeamatarkastelun määrittelyvaiheessa valitaan työryhmä ja määritellään vastuut. Poikkeamatarkastelu voidaan toteuttaa sekä suunnitteluvaiheessa olevaan laitokseen että jo olemassa olevaan laitokseen. Se toteutetaan usein ryhmässä, jonka kokoonpanon suositukset vaihtelevat hiukan riippuen siitä, onko laitos vasta suunnitteilla vai jo käytössä. Taulukossa 2.6 on esitettyä poikkeamatarkastelutyöryhmien suositeltavat kokoonpanot.

Taulukko 2.6. Poikkeamatarkasteluun suositeltavat työryhmät (Teknologian tutkimuskeskus 2007).

Kohde	Työryhmä
Suunnitteluvaiheessa oleva laitos	<ul style="list-style-type: none"> • suunnittelija • prosessi-insinööri • projektipäällikkö • automaatioinsinööri • kemisti • puheenjohtaja • sihteeri
Käyvä laitos	<ul style="list-style-type: none"> • käyttöinsinööri • automaatioinsinööri • kemisti • puheenjohtaja • sihteeri

Työryhmän asiantuntijat käsittelevät tarkasteltavaa kohdetta järjestelmällisesti työryhmän vetäjän, puheenjohtajan ohjaamana. Puheenjohtajan tulee olla kokenut poikkeamatarkastelujen laatija ja muiden osanottajien tulee tuntea kohdelaitos hyvin. Lisäksi asiantuntijoita valittaessa on kiinnitettävä huomiota siihen, että he ovat käytettävissä suunnittelussa aikataulussa. Asiantuntemus ei auta, jos ei ole käytettävissä työryhmien tapaa- misissa. Sihteeriltä vaaditaan poikkeamatarkastelun tavoitteiden ja laadintatapojen tunteminen, jotta hän osaa dokumentoida kaikki olennaiset asiat keskustelusta. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.) Määrittelyvaiheessa määritellään myös poikkeamatarkastelun laajuus ja rajat, lisäksi mietitään tarkastelun tavoitteet. Näin varmistetaan, että työryhmä keskittyy tavoiteltuihin asioihin poikkeamatarkastelua toteuttaessaan. (BS IEC 61882: 2001, s. 15.)

Valmisteluvaiheessa poikkeamatarkastelun työryhmän vetäjällä on vastuu siitä, että työryhmän käytettävissä on riittävä määrä tietoa poikkeamatarkastelun toteuttamiseen. Hän kerää kaikki tarvittavat tiedot tarkasteltavasta kohteesta työryhmän käytettäväksi. Lisäksi analyysin vetäjä laatii avainsanoista ja prosessisuureista poikkeamat, joiden avulla saadaan selville kuviteltavissa olevat ei-toivotut prosessin tilan muutokset. (BS IEC 61882: 2001, s. 17-18.) Taulukossa 2.7 on esitetty esimerkkejä prosessisuureen ja avainsanan muodostamista poikkeamista. Taulukossa on listattuna myös esimerkkejä muista mahdollisista toiminnoista ja poikkeamista.

Taulukko 2.7. *Esimerkki prosessisuureen ja avainsanan muodostamasta poikkeamasta (BS IEC 61882: 2001, s. 19).*

Avainsana	Esimerkki poikkeamasta
Ei, ei mitään	Ei virtausta
Enemmän	Suurempi virtaus, korkeampi lämpötila
Vähemmän	Pienempi virtaus, matalampi lämpötila
Osaksi	Virtaus muualle, vain osa tarkoitetusta virtauksesta tapahtuu
Päinvastoin	Päinvastainen virtaus, käänteinen kemiallinen reaktio
Muuta	Muita toimintoja ja poikkeamia: käynnistys, pysäytys, kunnossapitotyö, sähkökatkos, jäähdytysveden puute

Poikkeamatarkastelun tarkastusvaiheessa tunnistetaan ei-toivotut prosessin muutokset, eli mahdolliset vaaratilanteet. Analyysin vetäjän on varmistettava, että myös analyysiryhmän muut jäsenet tuntevat tarkastelun kohteena olevan järjestelmän sekä analyysin tavoitteet. (BS IEC 61882: 2001, s. 19-20.) Poikkeamatarkastelu tehdään jakamalla tarkasteltava kohde toiminnallisiin yksiköihin ja analysoimalla kukin tarkoitukseenmukainen yksikkö erikseen. Toiminnallinen yksikkö on laite tai laitekokonaisuus, jossa tapahtuu kemiallinen tai fysikaalinen yksikköprosessi, esimerkiksi jäähdytys. Toiminnallinen yksikkö voi olla myös sellainen, joka ei suoranaisesti kuulu prosessiin, mutta vaikuttaa tarkasteltavan prosessin toimintaan. Tarkasteltavien yksiköiden määrän rajaamisen apuna voidaan käyttää sopivaa kartoitusmenetelmää, jonka avulla tunnistetaan kriittisimmät yksiköt. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Kun kaikki järjestelmän kuviteltavissa olevat muutokset on etsitty, selvitetään muutosten syyt ja niiden aiheuttamat seuraukset. Menetelmän avulla voidaan tunnistaa muun muassa puutteita toimi- ja varolaitteiden sijoittelussa ja mitoituksessa sekä prosessin ohjauksessa ja eri toimintojen välisissä lukituksissa. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.) Tunnistetut muutokset luokitellaan esimerkiksi riskitaulukkoa apuna käyttäen ja ne kirjataan analyysilomakkeelle. Tämän jälkeen työryhmä kehittää parannustoimenpide-ehdotuksia poikkeaman estämiseksi tai sen seurausten pienentämiseksi. Myös parannustoimenpide-ehdotukset kirjataan analyysilomakkeelle. Analyysilomakkeelle kirjataan parannustoimenpide-ehdotukset toteuttavat jatkotoimenpiteet, joille laaditaan vastuhenkilöt sekä aikataulu. (BS IEC 61882: 2001, s. 20.)

Jotta poikkeamatarkastelusta saadaan täysi hyöty, sen kulkua on seurattava ja analyysissä tehty työ on raportoitava huolellisesti. Poikkeamatarkastelussa on kaksi dokumentointimenetelmää: täydellinen dokumentointi ja ainoastaan poikkeamien dokumentointi. Dokumentointimenetelmä tulee päättää ennen analysoinnin aloittamista. Dokumentointia, jossa kirjataan ylös vain tunnistetut vaarat ja niiden ratkaisut, on helpompi kontrolloida. Se ei kuitenkaan ole yhtä perusteellinen kuin täydellinen dokumentointimenetelmä. Valittaessa dokumentointimenetelmää on huomioitava muun muassa seu-

raavat tekijät: lainsäädännön vaatimukset, sopimusvelvoitteet, tulosten jäljitettävyyden sekä tarkastettavuus, aika sekä käytössä olevat voimavarat. (BS IEC 61882: 2001, s. 23)

Onnistuneen poikkeamatarkastelun ansiosta voidaan parantaa tarkastelun kohteena olevaa järjestelmää ja sen toimintaa sekä pienentää riskejä (Rausand, M. 2005a). Poikkeamatarkastelun tehokkuus ja onnistuminen riippuvat seuraavista tekijöistä:

- tietojen täsmällisyys ja niiden saaminen työryhmän käytettäväksi
- tietojen on oltava ajan tasalla
- prosessin kannalta oikeiden poikkeamien muodostaminen
- analyysityöryhmän tiedot ja taidot
- analyysityöryhmän kyky käyttää poikkeamatarkastelua tunnistessaan vaaratilanteita
- analyysityöryhmän vetäjän pätevyys. (NSW Government, 2008, s. 5.)

2.6.2 Työn turvallisuusanalyysi

Työn turvallisuusanalyysi (*TTA*) on systemaattisesti etenevä työmenetelmien, koneiden sekä työympäristön tutkimus (Teknologian tutkimuskeskus 2007). Sen tarkoituksena on tunnistaa vaarat ja mahdolliset onnettomuudet, joita voi esiintyä työn aikana. Sen avulla voidaan määrittää asianmukaiset laitteet sekä toiminnot riskien vähentämiseksi. Työn turvallisuusanalyysi suositellaan toteutettavaksi työpaikalla, jossa on tapahtunut onnettomuuksia tai muita läheltä piti -tilanteita. Myös silloin, kun uusia laitteita tai uusia prosesseja ollaan ottamassa käyttöön, voi työn turvallisuusanalyysi antaa arvokasta tietoa työturvallisuuden varmistamiseksi. (Rausand, M. 2005b.) Työn turvallisuusanalyysin tuloksien avulla voidaan poistaa jo olemassa olevia riskejä sekä ehkäistä uusien vaaratekijöiden syntymistä. Tällä vähennetään työtapaturmien määrää ja saadaan työstä turvallisempaa sekä tuottavampaa. Analyysin tuloksia voidaan käyttää myös uusien työntekijöiden koulutuksen tukena. (OSHA, 2002, s. 2.)

Työn turvallisuusanalyysin tarkoituksena on tunnistaa ja arvioida vaarat, jotka liittyvät työtapoihin sekä työssä käytettäviin koneisiin ja laitteisiin. Sen päätavoitteena on löytää turvallinen tapa toteuttaa työ. (Rausand, M. 2005b.) Työn turvallisuusanalyysin toteuttaminen perustuu työsuorituksen järjestelmälliseen tutkimiseen. Siinä tarkasteltava työ jaetaan osiin, minkä jälkeen etsitään kunkin työnosan suorittamisessa esiintyvät vaarat ja niiden syyt. Analyysin lopussa suunnitellaan parannustoimenpiteet vaarojen poistamiseksi tai vähentämiseksi. Työn turvallisuusanalyysin käyttö soveltuu rajattuihin ja toistuviin työtehtäviin sekä yksittäisiin koneen käyttötehtäviin. Sen käyttö soveltuu huonosti muuttuvan työympäristön, ohjaus- ja valvontatehtävien ja jäsentymättömien työtehtävien analysointiin. Työtehtävät ja laitteistot, joissa esiintyy välittömiä tapaturmavaaroja, ovat parhaita kohteita työn turvallisuusanalyysin tekemiseen. Analyysin kohteena voi olla esimerkiksi tuotantoon liittyvät tehtävät, toistuvat huolto- tai kunnossapitotehtävät, vakanssikohtaiset tehtävät, yksittäinen kone tai laitteisto ja sen käyttö tai kunnossapito. Työn turvallisuusanalyysia voidaan käyttää ja sen tuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi laadittaessa ja täydennettäessä työnopastusohjeita ja konekohtaisia

turvallisuusohjeita, kehiteltäessä parempaa työmenetelmää, turvallistettaessa koneita muutostöiden yhteydessä, suunniteltaessa uutta konetta sekä kehitettäessä työssä käytettäviä apulaitteita. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Työn turvallisuusanalyysi on käyttökelpoinen keino työhön liittyvien vaarojen tunnistamiseen ja riskien arviointiin (Teknologian tutkimuskeskus 2007). Taulukossa 2.8 on esitelty, mitä työn turvallisuusanalyysin avulla saadaan selville.

Taulukko 2.8. Työn turvallisuusanalyysin tulokset (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Koneissa ja laitteissa esiintyvät vaarat	Työn suorituksessa esiintyvät vaarat	Ympäristön aiheuttamat vaarat
<ul style="list-style-type: none"> • tarvittavat tekniset ratkaisut, suojalaitteet, koneen turvallistamiseksi • tarvittavat tekniset parannukset laitteissa • puutteet konekohtaisissa turvallisuusohjeissa 	<ul style="list-style-type: none"> • virheelliset työmenetelmät • ratkaisut työmenetelmien turvallistamiseksi • apulaitteiden käyttötarve • puutteet työnopastusohjeissa 	<ul style="list-style-type: none"> • työpaikan sijoittamiseen liittyvät ongelmat • muut ulkopuoliset häiriötekijät

Analyysin avulla saavutetaan myös muita merkittäviä lisäetuja:

- työsuojelukoulutuksen tehostaminen
- yleinen turvallisuusajattelu työntekijöiden ja työnjohdon keskuudessa paranee
- motivaatio työn turvalliseen suorittamiseen kasvaa
- työnjohdossa osataan kiinnittää paremmin huomiota turvallisuutta vaarantaviin seikkoihin
- työntekijöiden ja työnjohdon välinen tiedonkulku paranee
- analyysin laadinnan yhteydessä aineistoa voidaan käyttää työntekijöiden ja suunnittelijoiden koulutuksessa. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Ennen työn turvallisuusanalyysin aloittamista valitaan sopivat kohteet sekä laaditaan toteutusaikataulu. Analyysi voidaan toteuttaa esimerkiksi kohteeseen, jossa on tapahtunut vakava tapaturma tai jota pidetään yleisesti vaarallisena. Analyysin toteutustarvetta arvioitaessa tiedonlähteinä käytetään tapaturmatilastoja, käyttöhenkilökuntaa ja turvallisuusasiantuntijoita. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.) Työt, joilla on pahin historia sattuneiden tapaturmien osalta, pitäisi analysoida ensimmäisenä. Muita perusteita valita analyysin kohteet ovat muun muassa tapaturmataajuus, onnettomuuden vakavuus ja todennäköisyys tai uudet ja muuttuneet työtehtävät. (Rausand, M. 2005b.)

Työn turvallisuusanalyysi toteutetaan parhaiten ryhmässä, jossa on mukana henkilöitä, jotka suorittavat tarkastelun kohteena olevaa työtä. Lisäksi analyysityöryhmään kuuluvat esimiehet, turvallisuuteen liittyvät henkilöt sekä tarvittaessa muut alan asian-

tuntijat. (Rausand, M. 2005b.) Jo toteutusta suunniteltaessa valitaan analyysin organisoinnista vastaava henkilö, esimerkiksi työsuojelupäällikkö tai osastopäällikkö (Teknologian tutkimuskeskus 2007). On erittäin tärkeää, että analyysin toteuttamiseen osallistuu työntekijöitä, koska heillä on tietoa työn suorittamisesta. Työntekijöiden kokemukset ja tieto ovat korvaamaton apu vaarojen löytämiseen. Työntekijöiden mukaan ottaminen vähentää myös ohjeiden laiminlyöntiä, koska he ovat saaneet olla mukana analyysin toteuttamisessa. (OHSA, 2002, s. 4.)

Varsinainen työn turvallisuusanalyysi alkaa sillä, että tarkasteltava työtehtävä jaetaan työn osiin eli työvaiheisiin. Työtehtävät tulee kuvata riittävän yksiselitteisesti, mutta ei kuitenkaan liian tarkasti. Ideana on jakaa työtehtävät perusvaiheisiin. Kun työ on jaettu osatehtäviin, ne käydään vielä läpi työtä suorittavan työntekijän kanssa, jotta varmistutaan, että mitään tärkeää työvaihetta ei ole unohdettu. Joissain tapauksissa työn suorittaminen voidaan esimerkiksi videoida. Tallenteeseen voidaan viitata tehdessä yksityiskohtaisempaa analyysia työstä. (OHSA, 2002, s. 5.) Jokainen työvaihe analysoidaan ja arvioidaan työvaiheeseen liittyviä mahdollisia vaaroja ja niiden syitä. Tämän kenttätöön, työn jakamisen osiin sekä vaarojen ja niiden syiden etsinnän, suorittajan on tunnettava työn turvallisuusanalyysi ja osattava käyttää sitä. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Tarkastelun tukena voidaan käyttää esimerkiksi tiivistelmää tarkastelun kohteena olevasta työstä ja sen tarkoituksesta, havainnointia työn tekemisestä sekä listaukset tarvittavista koulutuksista ja henkilösuojaamista. Ennen analyysin aloittamista voidaan joutua keräämään lisätietoa tarkastelun kohteesta. Tietoja voidaan saada esimerkiksi haastatteluista, ohjekirjoista, esitteistä, havainnoinnin avulla tai tutustumalla onnettomuusraportteihin. (Rausand, M. 2005b.)

Tunnistettaessa työhön liittyviä vaaroja, tavoitteena on löytää seuraaviin kysymyksiin vastaukset:

- mikä voi mennä pieleen?
- mitkä ovat seuraukset?
- miten vaaratilanne voi syntyä?
- mitkä ovat muut vaikuttavat tekijät?
- kuinka todennäköistä on, että vaara tapahtuu?

Jotta tehdystä työn turvallisuusanalyysistä saadaan kaikki hyöty, on kaikki tiedot dokumentoitava johdonmukaisesti. (OHSA, 2002, s. 6.)

Analyysissa saadut tulokset kirjataan analyysilomakkeelle. Kun vaaratilanteet on tunnistettu, niille arvioidaan riski. Riski arvioidaan sen tapahtumistodennäköisyyden ja seurausten perusteella. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Kun riskit on arvioitu, kehitetään parannustoimenpide-ehdotuksia. Analyysityöryhmän tulee tutustua tarkkaan vaaroihin ja niiden syihin, jotta löydetään toimivat ratkaisut niiden poistamiseksi tai vähentämiseksi. Parannustoimenpiteitä mietittäessä ei ensimmäisenä saisi ajatella suojalaitteen asennusta, vaan tätä ennen tulee miettiä, voisiko kyseisen työnosan tehdä toisella tavalla tai voisiko sen jättää kokonaan pois. Työmenetelmien muuttaminen on usein halpa ja toimiva ratkaisu. (Teknologian tutkimuskeskus

2007.) Jos työtehtävän suorittamiseen otetaan käyttöön uusia tai muutettuja työmenetelmiä, työntekijöitä tulee informoida riittävästi ja varmistua siitä, että he tietävät muutoksista ja niihin johtaneista syistä (OHSA, 2002, s. 12). Parannustoimenpideehdotukset voivat olla esimerkiksi seuraavanlaisia:

- etsitään uusi tapa suorittaa työtehtävä
- muutetaan fyysisiä olosuhteita, jotka luovat vaaran
- tehdään muutoksia prosessiin
- parannetaan koulutusta ennen työtehtävien aloittamista
- tehostetaan valvontaa tai
- määrätään henkilösuojausten käytöstä. (Rausand, M. 2005b.)

Parannustoimenpide-ehdotuksista valitaan sopivin ja sen jälkeen analyysityöryhmä arvioi sen vaikutuksia. Työn turvallisen suoritustavan tulee olla helppoa ja vaivatonta. Analyysityöryhmä nimeää vastuuhenkilön, joka huolehtii muutoksen toteutuksesta tai ehdotuksen eteenpäin viemisestä. Tarvittaessa analyysityöryhmän kehittämiä parannustoimenpide-ehdotuksia voidaan kehittää myöhemmin vielä eteenpäin. (Teknologian tutkimuskeskus 2007).

2.6.3 Potentiaalisten ongelmien analyysi

Potentiaalisten ongelmien analyysi (*POA*) on menetelmä, jonka avulla voidaan nopeasti tutkia järjestelmään liittyviä onnettomuusvaaroja. Analyysin ulkopuolelle ei rajata etukäteen mitään ongelmatyyppiä, minkä vuoksi menetelmällä on mahdollisuus tunnistaa eri tyyppisiä ja tasoisia ongelmia. Se ei kuitenkaan kata ongelma-alueita järjestelmällisesti ja siksi se soveltuu järjestelmään liittyvien vaarojen kartoitukseen. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.) Kansainvälisesti vastaava analyysimenetelmä tunnetaan nimellä PHA (*Preliminary hazard analysis*). Siinä on vastaava periaate kuin potentiaalisten ongelmien analyysissä: pyritään tunnistamaan eri tyyppisiä ja tasoisia ongelmia, jotka liittyvät tarkasteltavaan prosessiin. (Rausand, M. 2005c.)

Analyysi laaditaan ryhmätyönä ja siinä on useita vaiheita. Analyysin kohteen koosta riippuu, kuinka monia analyysikokouksia joudutaan pitämään. Analyysikokouksen tyyppinen kesto on 2 - 4 tuntia kerrallaan. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.) Tarkasteltavan kohteen monimutkaisuus vaikuttaa siihen, kuinka monesta jäsenestä analyysityöryhmän tulee koostua. On myös mahdollista, että osa ryhmän jäsenistä osallistuu vain tiettyyn osaan analyysia. (Rausand, M. 2005c.)

Varsinaisen analyysin vaiheet ovat: häiriöiden ja vaarojen tunnistaminen aivoriihesä, niiden arviointi, toimenpide-ehdotusten kehittäminen ja lopuksi analyysin raportointi. Ennen analyysin varsinaista toteuttamista täytyy kuitenkin tehdä joitain valmisteluja. Edellytyksenä analyysin toteuttamiseen on, että laitoksen johto antaa tukensa ja myöntää resurssit analyysin laadintaan. Potentiaalisten ongelmien analyysi alkaa sillä, että valitaan ja rajataan tarkasteltava kohde. Perusteena valinnalle ja rajaukselle voi olla:

- aikaisemmin sattuneet vaaratilanteet
- muilla yksiköillä sattuneet vaaratilanteet

- vastaavissa kohteissa muualla sattuneet vaaratilanteet ja häiriöt
- kohteen suuri palokuorma
- ilmeinen prosessiturvallisuutta vaarantava riski sekä
- halu parantaa prosessiturvallisuutta.

Analyysin loppuraportissa on hyvä esitellä kohteen valintaperusteet sekä rajaukset. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Analyysille valitaan vastuullinen vetäjä, joka on POA-menetelmän asiantuntija ja pystyy johtamaan varsinaisen kohteen asiantuntijoiden analyysityöskentelyä. Usein on todettu, että niin sanottu työpaikkasokeus haittaa analyysityöskentelyä. Tämän vuoksi ulkopuolinen vetäjä voi mahdollisesti johtaa tarkastelua paremmin, ilman ”näin on aina tehty” tai ”meillä ei ole koskaan sattunut mitään” -asennetta. Vetäjän tehtävänä on muun muassa:

1. hankkia tarvittavat tiedot analyysin kohteesta
2. koota työryhmä
3. laatia toteutussuunnitelma sekä kokousaikataulu
4. perehdyttää työryhmä analyysimenetelmään
5. vetää työryhmäkokouksia
6. raportoida ja tiedottaa tuloksista sekä
7. suunnitella ja organisoida jatkotoimenpiteitä.

Jos tarkasteltava kohde on laaja ja monimutkainen, niin vetäjä voi päättää sen jakamisesta pienempiin osiin, joita tarkastellaan kutakin erikseen. Jaon perusteena voi olla esimerkiksi toiminnan luonne tai rakennetekniset seikat. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Vetäjän on myös perehdyttävä tarkasteltavaan kohteeseen. Vaikkei hänen tarvitsekaan olla kohteen asiantuntija, niin hänen on syytä perehtyä kohteen peruseräiteisiin ja toimintoihin. Ennen analyysityöskentelyä olisi hyvä selvittää seuraavat asiat:

- laitoksen yleistiedot, toimintakuvaus, palovaarallisuusluokka
- pohjapiirros, osastointi, kulkutiet, huonejako, suojaustaso
- henkilökunnan määrä, työajat, asiakkaat, huolto- ja korjaushenkilöt
- koneet ja laitteet
- käytettävät aineet ja niiden vaaralliset ominaisuudet, määrä, sijainti, varastointi
- viestintä, sisäinen ja ulkoinen hälytysjärjestelmä
- vartiointi, kulunvalvonta
- onko työntekijöitä ohjeistettu vaarallisten tilanteiden tai onnettomuuksien varalta
- onko työntekijät saaneet koulutusta, esimerkiksi sammutus, pelastus
- onko sisäistä pelastussuunnitelmaa tai turvallisuussuunnitelmaa laadittu sekä
- onko ulkopuolisille työntekijöille omia ohjeita.

Lisäksi on otettava huomioon tarkasteltavan kohteen ympäristö: teollisuus- ja liikelaitokset, varastot ja muut rakennukset, liikenneväylät sekä mahdolliset asuinalueet ja kou-

lut, päiväkodit tai hoitolaitokset. On myös selvitettävä, onko muita analyysseja tai kartoituksia tehty, joista voisi olla hyötyä tässä analyysissä tai onko sattunut tulipaloja, vuotoja tai muita vaaratilanteita, joita on tutkittu ja raportoitu. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Analyysi suoritetaan työryhmässä, jonka suositeltava koko vetäjän lisäksi on 3 - 6 henkilöä. Ryhmään valitaan henkilöitä, joilla on aikaa ja halua osallistua analyysin toteuttamiseen ja joilla on hyvä asiantuntemus analyysin kohteesta. Ryhmän jäseniltä odotetaan myös valmiutta keskustella rakentavassa hengessä. Analyysiryhmän kokoa ei kannata kasvattaa tarpeettomasti, sillä jos ryhmän asiantuntemus ei riitä johonkin yksityiskohtaan, niin asia voidaan selvittää kokousten välillä tai kyseisen ongelman käsitteilyn ajaksi paikalle voidaan kutsua yksityiskohdan osaava asiantuntija. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Potentiaalisten ongelmien analyysi laaditaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa toteutetaan aivoriihi, jossa kerätään mahdollisia ongelmia ja vaaroja. Tämän jälkeen ideat järjestellään ja luokitellaan. Toisessa vaiheessa jatkokäsittelyiksi valittuja vaaroja tarkastellaan yksityiskohtaisemmin. Toisessa vaiheessa myös mietitään syitä ja seurauksia, määritellään riskin suuruus sekä arvioidaan nykyistä varautumista ja kehitellään tarvittaessa parannustoimenpide-ehdotuksia. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Aivoriihen tavoitteena on saada paljon erilaisia ideoita. Jopa lennokkaat ideat ovat tervetulleita ja periaatteena on, ettei ideoita saa arvostella ideoinnin aikana. Ideoinnissa toivotaan jatkoideoita, parannuksia ja yhdistelmiä jo syntyneistä ideoista. Aivoriihessä esille tulleet ideat kirjataan ideointilomakkeelle. Kirjattavien ideoiden tulisi olla riittävän yksityiskohtaisia, niissä tulisi olla selvästi vaaran syy ja onnettomuuteen johtava tapahtumaketju. Aivoriihessä kaikille ryhmän jäsenille jaetaan ideointilomake, johon he kirjaavat kolme ongelmaa. Sen jälkeen ideointilomaketta kierrätetään analyysiryhmän seuraavalle henkilölle, ja hän lukee edelliset ideat ja kirjoittaa jälleen kolme uutta ongelmaa lomakkeelle. Ideat voivat olla uusia tai jatkokehiteltyjä ideoita aiemmin kirjoitetuista ideoista. Lomakkeita kierrätetään niin kauan, kunnes lomakkeet ovat täynnä tai ideointi loppuu. Ideoinnin apuna voidaan käyttää avainsanoja, jotka näytetään kaikille analyysiryhmän jäsenille. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Ideoinnin jälkeen vuorossa on syntyneiden ideoiden luokittelu. Kaikkia ideoita ei kannata tarkastella yksityiskohtaisemmin, sillä osa niistä on käytännössä mahdottomia tai niiden seuraukset ovat vähäisiä. Kuitenkin myös epätodennäköiset ja lähes mahdottomina pidettävät mahdollisuudet tulee arvioida. Ideat voidaan luokitella esimerkiksi seuraavasti:

- A: vaarat, jotka edellyttävät jatkokäsittelyä
- B: vaarat, jotka ovat jo tiedossa ja luotettavasti hoidossa ja
- C: vaarat, joilla ei ole käytännön merkitystä, ”mielikuvitusvaarat”, iäisyysongelmat tai vaarat, jotka ovat hyvin pieniä.

Vaikka kaikkia vaaroja ei valita jatkokäsittelyyn, niitä ei silti pidä hylätä. Ne tulee esittää vähintään analyysin loppuraportin liitteenä olevassa vaaraluettelossa. Myöhemmissä

seurantakokouksissa voidaan tarkistaa idealuettelo ja pohtia, onko siinä sellaisia vaaroja, jotka tulisi käsitellä tarkemmin. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Jatkokäsittelyyn valitut ideat tarkastellaan läpi analyysityöryhmän kesken. Myös ideoiden yksityiskohtainen tarkastelu etenee prosessin kulun tai materiaalivirtojen mukaisesti ja maantieteellisessä jaossa tarkoituksenmukaisesta kohdasta aloittaen alueen läpi. Vaaroja tarkasteltaessa analyysityöryhmän vetäjä esittelee käsiteltävän vaaratilanteen. Analyysin tulokset kirjataan analyysilomakkeelle. Ensin arvioidaan, missä tilanteessa tai olosuhteissa ideassa kuviteltu vaaratilanne voi mahdollisesti tapahtua. Tarkoituksena on tunnistaa syitä, tilanteita ja olosuhteita, joiden vuoksi vaara voi toteutua. Tämän jälkeen arvioidaan vaaran seurauksia. Tässä vaiheessa kannattaa miettiä erikseen todennäköisiä seurauksia ja pahimpia mahdollisia seurauksia. Vaaran syiden ja seurausten tunnistamisen ja arvioinnin jälkeen voidaan määritellä kyseisen riskin suuruus. Riskin suuruuteen vaikuttavat riskin tapahtumistodennäköisyys ja sen seuraukset. Riski voidaan määritellä yksinkertaisella karkealla tasolla, joka on monesti helpompi laatia ja se antaa hyvän kuvan riskien keskinäisistä eroista. Riskilukujen määrittämiseen ei kannata uhrata liikaa aikaa, sillä siihen kulutettu aika ei lisää eikä vähennä riskiä. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Kun riskit on arvioitu, arvioidaan tarkasteluhetken varautumista kyseiseen tilanteeseen. Varautumista ovat esimerkiksi sytytyslähteiden eliminointi, myrkyllisten kemikaalien eliminointi tai minimointi, alkusammutuskaluston saatavuus, osastointi, paloilmotusjärjestelmä, yleinen järjestys ja siisteys, riittävä ohjeistus, valvonta ja henkilökunnan koulutus onnettomuuksien varalta. Parannustoimenpide-ehdotuksia tehdään tilanteista, joihin ei koeta löytyvän riittävää varautumista. Jokainen vaaratilanne käsitellään yksittelen kuten edellä on kerrottu. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Analyysin lopuksi sovitaan, mitä parannustoimenpide-ehdotuksia ja miten niitä ruvetaan viemään eteenpäin. Asioiden hoitamiselle sovitaan myös vastuuhenkilöt ja karkea aikataulu. Seurantakokouksissa seurataan niiden etenemistä. Kaikkia parannustoimenpide-ehdotuksia ei voida toteuttaa heti. Yleensä kannattaa aloittaa suurimpien riskien poistamisella tai pienentämisellä. On myös tärkeää, että asianmukaisia henkilöitä tiedotetaan analyysin tuloksista sekä parannustoimenpide-ehdotuksista. Tiedottaminen voidaan toteuttaa esimerkiksi järjestämällä tiedotustilaisuus, julkaisemalla keskeisimmät tulokset henkilökuntalehdessä tai laatimalla erillinen tiedote asiasta. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

Myös potentiaalisten ongelmien analyysin kohdalla raportointi on tärkeää. Tehty työ tulee raportoida huolellisesti. Kirjaukset analyysilomakkeisiin pitää tehdä selvästi ja täysin lausein, jotta myöhemmin niitä lukevat saavat selvää, mistä on kysymys. Analyysilomakkeiden lisäksi on syytä laatia yhteenvetoraportti, josta selviää mitä on tehty, miten on tehty, ketkä analyysiin ovat osallistuneet ja mitkä ovat analyysin keskeiset tulokset ja jatkosuunnitelmat. Näin analyysin mahdollinen hyödyntäminen ja päivittäminen myöhemmin on helpompaa. (Teknologian tutkimuskeskus 2007.)

2.7 ATEX - Räjähdysvaarallinen tila

Räjähdysvaara voi syntyä, kun palavia aineita käsitellään. Palavia aineita ovat monet yrityksen päivittäisiin toimintoihin liittyvät raaka-aineet, puolivalmisteet, lopputuotteet ja jäteaineet. (Euroopan Komissio, 2005, s. 7.) 2003 tuli voimaan räjähdysvaarallisia tiloja ja tiloissa käytettäviä laitteita koskeva ATEX-lainsäädäntö. ATEX-laitedirektiiviin perustuvaa kansallista lainsäädäntöä on ollut olemassa jo vuodesta 1996. Räjähdysvaarallisia kohteita valvotaan eri viranomaisten toimesta. (Tukes, 2012a, s. 3-4.)

Euroopan yhteisön direktiivien tarkoituksena on suojella räjähdysvaarallisissa tiloissa työskenteleviä ihmisiä, yhtenäistää EU:n jäsenvaltioiden räjähdysvaarallisten tilojen ja niissä käytettävien koneiden ja laitteiden turvallisuusvaatimuksia sekä taata räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävien laitteiden tai suojausjärjestelmien, Ex-laitteiden vapaa kauppa. (Tukes, 2012a, s. 4.) Räjähdysvaarallisiin tiloihin liittyvä lainsäädäntö on tullut Suomessa kansalliseen lainsäädäntöön vuonna 1996. Ensimmäiset lait olivat Asetus räjähdysvaarallisiin ilmaseoksiin tarkoitetuista laitteista ja suojausjärjestelmistä (VNa 917/96) ja Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös räjähdysvaarallisiin ilmaseoksiin tarkoitetuista laitteista ja suojausjärjestelmistä (KTMp 918/96). (VNa 917/96; KTMp 918/96).

2.7.1 Räjähdysvaaran arviointi

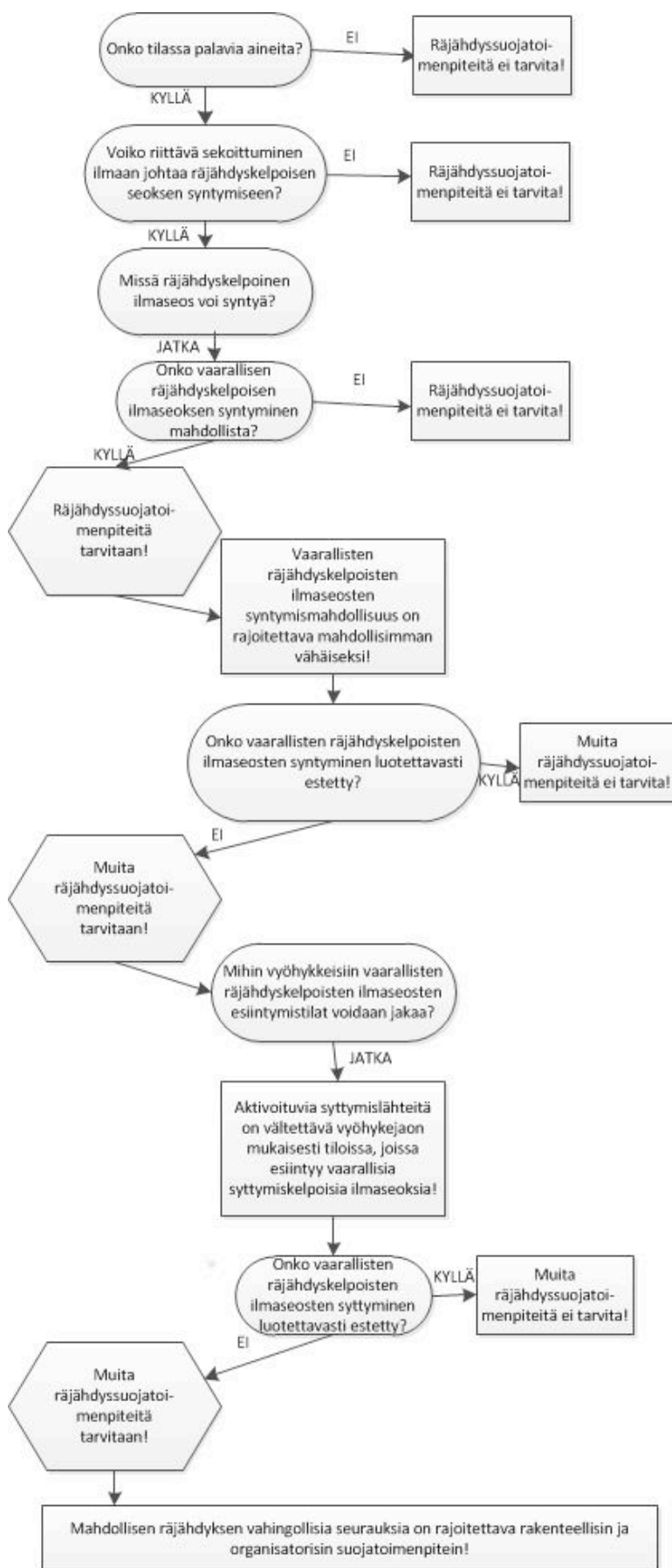
Työolosuhdedirektiivin eli Euroopan Parlamentin ja neuvoston direktiivin (1999/92/EY) mukaan on selvitettävä, voiko työpaikalla esiintyä räjähdyskelpoisia ilmaseoksia. Räjähdyskelpoisella ilmaseoksella tarkoitetaan normaalipaineisen ilman ja kaasun, höyryn, sumun tai pölyn muodossa olevien palavien aineiden seosta, jossa syttymisen jälkeen palaminen leviää koko palamattomaan seokseen. Jos räjähdyskelpoisia ilmaseoksia esiintyy, on selvitettävä, voivatko ne syttyä. Direktiivin 4 artiklan mukaan huomioon on otettava:

- räjähdyskelpoisten ilmaseosten esiintymistodennäköisyys ja kesto
- todennäköisyys, että työskentelytiloissa on syttymislähteitä ja että ne aktivoituvat ja voivat aiheuttaa syttymisen
- laitteistot, käytetyt aineet, prosessit sekä niiden yhteisvaikutukset sekä
- ennakoitavissa olevien seurausten laajuus. (1999/92/EY.)

Euroopan Komissio on laatinut opaskirjan: ”Ohjeellinen toimintaopas vähimmäisvaatimuksista räjähdyskelpoisten ilmaseosten aiheuttamalle vaaralle mahdollisesti alttiiksi joutuvien työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden suojelun parantamiseksi annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 1999/92/EY täyttöönpäntämiseksi”. Se ei ole sitova, mutta jäsenvaltioiden on direktiiviä soveltaessaan otettava huomioon se niin suuressa määrin kuin mahdollista silloin, kun valmistelevat työntekijöiden turvallisuutta ja terveyttä koskevaa kansallista politiikkaa. (1999/92/EY.)

Räjähdyksvaaran arvioinnin menetelmät ja arviointiperusteet

Työprosesseihin ja teknisiin laitteisiin liittyvien räjähdysvaarojen arviointiin on valittava järjestelmälliset menetelmät, jotka mahdollistavat turvateknisen tarkastelun. Järjestelmällisellä menetelmällä tarkoitetaan arviointia, joka etenee asiallisten ja loogisten näkökohtien mukaisesti vaiheittain. Muut riskinarviointimenettelyt, joita esiintyy alan kirjallisuudessa, ovat räjähdysvaaraa arvioitaessa mielekkäitä vain poikkeustapauksissa. Kuvassa 2.3 kuvataan yksinkertainen arviointiprosessi räjähdysriskien tunnistamiseksi ja estämiseksi. (Euroopan Komissio, 2005, s. 14.)



Kuva 2.3. Räjähdysriskien arviointiprosessi (Euroopan komissio, 2005, s. 15).

Räjähdyksen syntyminen edellyttää seuraavan neljän ehdon täyttymistä samanaikaisesti:

- palavien aineiden dispergoitumisaste, ilmaan sekoittuminen, on suuri
- palavien aineiden pitoisuus ilmassa on aineen yhdistettyjen räjähdysrajojen välillä
- räjähdyskelpoista ilmaseosta on vaaraa aiheuttava määrä
- syttymislähde, joka voi aktivoitua, on olemassa. (Euroopan Komissio, 2005, s. 14.)

Räjähdysvaaran arviointi voidaan toteuttaa käytännössä kuvassa 2.3 esiintyvien kysymysten avulla. Ensimmäiset neljä kysymystä koskevat perusarviota räjähdysvaaran olemassaolosta ja räjähdysuojatoimenpiteiden yleisestä tarpeellisuudesta. Vain jos vastaus on myönteinen, on todettava seuraaviin kolmeen kysymykseen vastaamalla, onnistuuko räjähdysvaaran rajoittaminen hyväksyttävälle tasolle suunniteltujen suojoitoimenpiteiden avulla. Vaihe on toistettava mahdollisesti useamman kerran, jotta olosuhteita vastaava kokonaisratkaisu on löydetty. Lisäksi on otettava huomioon, että turvatekniset tunnusluvut pätevät tavallisesti vain normaalin ilmanpaineen olosuhteissa. Turvatekniset tunnusluvut voivat muuttua merkittävästi, jos olosuhteet ovat normaalin ilmanpaineen olosuhteista poikkeavat. Esimerkiksi jos ilman happipitoisuus lisääntyy tai lämpötila nousee, niin syttymiseen tarvittava vähimmäisenergia voi pienentyä huomattavasti. (Euroopan Komissio, 2005, s. 14-15.)

2.7.2 Räjähdysuojasiasiakirja

Räjähdysuojasiasiakirja pitää löytyä työpaikoilta, joissa esiintyy mahdollisuus räjähdyskelpoisten ilmaseosten syntymiseen. Velvoite on esitetty valtioneuvoston asetuksessa 576/2003 (Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta). (VNa 576/2003).

Toimipaikalla käsiteltävät aineet ja niiden ominaisuudet, tehdyt vaarojen arvioinnit ja turvallisuustarkastelut sekä kemikaalien turvalliseen käsittelyyn ja paloturvallisuuteen liittyvät ohjeet toimivat räjähdysuojasiasiakirjan perustana. Räjähdysuojasiasiakirja voidaan laatia itsenäiseksi dokumentiksi tai se voi olla osa muuta turvallisuusasiakirjaa, esimerkiksi pelastussuunnitelmaa. Siinä voidaan viitata olemassa oleviin asiakirjoihin, jos ne ovat helposti ja nopeasti saatavilla. Tärkeintä on, että räjähdysuojasiasiakirja on helposti työntekijöiden saatavilla, jolloin siihen perehtymällä työntekijät voivat pienentää räjähdysriskiä työpaikoilla. Räjähdysuojasiasiakirjat voidaan jakaa yleiseen osaan ja kutakin toimipaikkaa koskeviin osiin, jos toimipaikkoja on useampia. (Työterveyslaitos, 2012, s. 2.)

Valtioneuvoston asetuksen 576/2003 mukaisessa räjähdysuojasiasiakirjassa on osoitettava, että:

- räjähdysvaara on määritetty ja sen merkitys arvioitu

- on toteutettu asianmukaiset toimenpiteet, jotta voidaan ennaltaehkäistä ja torjua räjähdyskelpoisten ilmaseosten aiheuttamia vaaroja työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden suojelemiseksi
- räjähdysvaaralliset tilat on luokiteltu ja niissä käytetään asianmukaisia laitteita
- työpaikka on suunniteltu, työvälineet valittu ja niitä sekä varoituslaitteita käytetään ja huolletaan siten, että turvallisuus on asianmukaisesti huomioitu ja
- työvälineiden turvallisesta käytöstä huolehditaan. (VNa 576/2003).

Räjähdys-suojausasiakirja on laadittava ennen kuin työ aloitetaan. Jos työskentelytilaa, työvälineitä tai työjärjestelyjä merkittävästi muutetaan, laajennetaan tai järjestetään uudelleen, on räjähdys-suojausasiakirja tarkistettava. (VNa 576/2003.)

2.7.3 Tilaluokitus

Tilat, joissa voi esiintyä räjähdyskelpoista ilmaseosta sellaisina määrinä, että tarvitaan erityisiä suojaustoimenpiteitä työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden suojelemiseksi, pitää luokitella. Räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu perustuu ilmaseosten esiintymistiheyteen sekä keston. (1999/92/EY.) Taulukossa 2.9 on esitetty räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokat.

Taulukko 2.9. *Räjähdysvaarallisen tilan tilaluokat (VNa 576/2003).*

Tilaluokka 0	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.
Tilaluokka 20	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.
Tilaluokka 1	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaali-toiminnassa satunnaisesti.
Tilaluokka 21	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.
Tilaluokka 2	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.
Tilaluokka 22	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.

Perinteisesti tilaluokitukset on esitetty taso- ja leikkauspiirustuksina, joista eri tilaluokat ja niiden laajuudet käyvät ilmi. Räjähdysasiakirjassa tulee esittää tilaluokituksen toteutustapa, tulokset ja perusteet myös sanallisessa muodossa, jotta luokitus on selvä ja tieto voidaan jäljittää. (Työterveyslaitos, 2012, s. 15.)

2.7.4 Laiteluokitus

Direktiivi 2014/34/EU sekä valtioneuvoston asetus 917/1996 määrittelevät vaatimuksia räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäville laitteille. Räjähdysvaarallisissa ilmaseoksissa käytettävät laitteet tai suojausjärjestelmät eivät saa aiheuttaa vaaraa kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle. Laitteiden luokittelulla määritellään vaadittu suojelun taso. (2014/34/EU.) Laitteilla ei välttämättä tarvitse olla muuta yhteyttä palaviin aineisiin kuin se, että laitteet sijaitsevat luokitellussa tilassa tai ne tuodaan sinne. Tällaisia tyypillisiä prosessiin kuulumattomia laitteita ovat valaisimet ja sähkötyökalut. (Työterveyslaitos, 2012, s. 18.)

Laiteryhmät luokitellaan ryhmään I ja II. Ryhmään I kuuluvat laitteet, jotka on tarkoitettu kaivostöihin ja kaivosten maanpäällisten laitosten osiin ja jotka voivat olla alttiita kaivoskaasuista ja/tai palavista pölyistä aiheutuville vaaroille. Ryhmään I kuuluvat laiteluokka M 1 ja M 2. (2014/34/EU.) Taulukossa 2.10 on esitelty laiteluokkien M 1 ja M 2 vaatimukset.

Taulukko 2.10. Ryhmään I kuuluvat laiteluokat ja niille esitetyt vaatimukset (2014/34/EU).

Ryhmä I: M 1	Ryhmä I: M 2
<ul style="list-style-type: none"> - Laiteluokkaan kuuluvat laitteet on suunniteltu ja tarvittaessa varustettu erityisillä lisäsuojauskeinoilla siten, että ne toimivat valmistajan laatimien toiminnallisten parametrien mukaisesti ja siten, että niillä taataan suojelun erittäin korkea taso. - Laiteluokkaan kuuluvien laitteiden on pysyttävä toiminnassa myös harvinaisissa laitteiden häiriötilanteissa ja räjähdystiloissa. - Syttymislähteet eivät saa aktivoitua laiteluokkaan kuuluvien laitteiden edes harvinaisten häiriöiden aikana. - Laitteiden osien pintalämpötilojen on oltava huomattavasti alempia kuin ennakoitavissa olevien ilman ja pölyn seosten syttymislämpötilat 	<ul style="list-style-type: none"> - Laiteluokkaan kuuluvat laitteet on suunniteltu siten, että ne toimivat valmistajan laatimien toiminnallisten parametrien mukaan ja siten, että niillä taataan suojelun <u>korkea taso</u>. - Laiteluokan laitteiden energian syötön on tarkoitus katketa, jos räjähdystila ilmenee. - Laitteissa oltava suojauskeinot, jotta syttymislähteet eivät voi aktivoitua tavallisen toiminnan aikana (mukaan lukien ankarat toimintaolosuhteet, laitteen kovasta käytöstä aiheutuvat olot ja muuttuvat ympäristöolosuhteet).

Ryhmään II kuuluvat laiteluokat 1, 2 ja 3. Näihin laiteluokkiin kuuluvat laitteet on tarkoitettu ympäristöön, jossa esiintyy kaasujen, höyryjen ja sumujen tai pölyjen ja ilman seosten aiheuttamia räjähdystiloja. Laiteluokat erotellaan räjähdystilojen esiintymi-

sen todennäköisyyksien ja keston sekä laitteilta vaaditun suojelun tason perusteella. (2014/34/EU.) Taulukossa 2.11 on esitetty laiteluokkien 1, 2 ja 3 vaatimukset.

Taulukko 2.11. Ryhmään II kuuluvat laiteluokat ja niille esitetyt vaatimukset (2014/34/EU).

Ryhmä II: 1	Ryhmä II: 2	Ryhmä II: 3
<ul style="list-style-type: none"> - Laiteluokkaan kuuluvat laitteet on suunniteltu siten, että ne toimivat valmistajan laatimien toiminnallisten parametrien mukaisesti ja siten, että taataan suojelun <u>erittäin korkea taso</u>. - Laitteet on tarkoitettu ympäristöön, jossa räjähdystilat ovat läsnä jatkuvasti tai toistuvasti taikka pitkiä aikoja kerrallaan. - Laitteiden on varmistettava erittäin korkea suojauksen taso myös harvinaisissa laitteiden häiriötilanteissa. - Lisäksi laitteille on erillisiä suojakeinoja, joilla varmistetaan vaaditun suojelun taso myös toimintahäiriön tai vian sattuessa. - Laitteiden pinta ei saa kaikkein epäsuotuisimmassa tapauksessaakaan ylittää suurinta määritettyä pintalämpötilaa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Laiteluokkaan kuuluvat laitteet on suunniteltu siten, että ne toimivat valmistajan laatimien toiminnallisten parametrien mukaisesti ja siten, että taataan suojelun <u>korkea taso</u>. - Laitteet on tarkoitettu ympäristöön, jossa räjähdystilat ovat läsnä satunnaisesti. - Laitteiden on varmistettava korkea suojauksen taso myös toistuvien häiriöiden tai laitteiden toimintavikojen aikana. - Laitteiden pintalämpötilat eivät saa ylittyä edes tilanteissa, joissa vaarat aiheutuvat valmistajan ennakoimista epätavallisista tilanteista. 	<ul style="list-style-type: none"> - Laiteluokkaan kuuluvat laitteet on suunniteltu, siten että ne toimivat valmistajan laatimien toiminnallisten parametrien mukaisesti ja siten, että taataan <u>tavallinen suojelun taso</u>. - Laitteet on tarkoitettu ympäristöön, jossa räjähdystilat ovat epätodennäköisiä ja ilmetessään esiintyvät epäsäännöllisesti ja lyhytaikaisesti. - Laitteiden on varmistettava vaadittu suojelun taso tavallisen toiminnan aikana. - Laitteiden pintalämpötilojen on oltava huomattavasti ennakoitavissa olevien ilman ja pölyn seosten syttymislämpötiloja alempia.

Räjähdystvaarallisissa tiloissa käytettävissä laitteissa on oltava räjähdysuojauksen erityismerkintä (Ex) ja laitteiden ryhmä ja luokan tunnus. Ryhmään II kuuluvien laitteiden kohdalla pitää merkitä myös kirjain G tai D riippuen räjähdystilan aiheuttajasta.

Kirjain G merkitään, jos tila on kaasujen, höyryjen tai sumujen aiheuttama räjähdystila ja kirjain D, jos räjähdystilan aiheuttaa pöly. (2014/34/EU.)

2.8 Oppimisympäristö

Viime vuosikymmenellä otettiin käyttöön käsite oppimisympäristö korvaamaan aikaisempaa opetussuunnitelmapohjaista koulutusajattelua. Opetussuunnitelmaan perustuvaa opetusta nimitettiin suljetuksi oppimisympäristöksi, jolla viitattiin opiskelijan ohjaukseen tarkoin suunnitelluissa opetuksellisissa tilanteissa. Avoin oppimisympäristö -käsite kuvaa usein uutta oppimisympäristöä. Avoimessa oppimisympäristössä painotetaan opiskelijan mahdollisuuksia yksilölliseen ja omaehtoiseen opiskeluun. Tällöin opettajan tehtävä on luoda opiskelijoille puitteet opiskelua varten, mutta hänen ei ole tarkoitus suunnitella ja kehittää opetusta yksin vaan yhdessä opiskelijoiden kanssa. (Lindblom-Ylänne & Nevgi, 2003, s.54.)

Opiskelu ja oppiminen tapahtuvat oppimisympäristössä, jolla tarkoitetaan oppimiseen liittyvän fyysisen ympäristön, psyykkisten tekijöiden ja sosiaalisten suhteiden muodostamaa kokonaisuutta. Hyvin suunnitellulla oppimisympäristöllä voidaan tukea oppimista; opiskelijan pitää kyetä käyttämään kognitiivinen kapasiteetti opiskeltavan aiheen oppimiseen. Oppimisympäristö on huonosti suunniteltu, jos sinne valitut teknologiset ratkaisut ja oppimisalustat tekevät oppimisympäristöstä sekavan ja vaikeasti ymmärrettävän. Tällöin opiskelija joutuu näkemään vaivaa oppimisympäristön ymmärtämiseen, joka on pois opetettavan aineen oppimisesta. Alla on listattuna oppimisympäristön eri tekijät:

Rajoittavat ja mahdollistavat tekijät:

- fyysinen: luokkahuone, koulurakennus, huonekalut
- teknologinen: työkalut ja välineet, kuten kynä, kumi, paperi, päätelaitteet, oppimisalustat

Suunnitellut tekijät:

- pedagoginen tai andragoginen: kasvatukselliset periaatteet
- didaktinen: opetuskäytännöt ja menetelmät

Interpersoonalliset tekijät:

- sosiaalinen: oppijat, kaverit, sosiaaliset vuorovaikutukset
- kulttuurinen: koulun toimintatavat, oppijoiden toimintatavat, sekä tunnettu että piilokulttuuri

Intrapersoonalliset tekijät:

- kognitiivinen: oppijan tiedot ja taidot
- affektiivinen: motivaatio, tavoitteet, vireys, tunnetila. (Ilomäki, 2012, s. 27-28.)

Näiden tekijöiden lisäksi oppimis- ja opetustilanteeseen vaikuttavat opiskelijan ja opettajan aiemmat kokemukset. Ne ovat jatkuvasti läsnä jokaisessa oppimistilanteessa, voidaan sanoa, että oppimisympäristössä kaikki vaikuttaa kaikkeen. Koulutusohjelma, opiskeltava ala sekä oppilaitoksen oppimiskulttuuri, ilmapiiri ja oppilaitoksen opiskelulle asettamat vaatimukset ja tavoitteet vaikuttavat myös oppimisympäristöön. (Lindblom-Ylänne & Nevgi, 2003, s. 54-56.) Oppimisympäristön monipuolisuuteen ja toimivuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä oppiminen on tilannesidonnaista (Opetushallitus, 2004, s. 18).

2.9 Vaurio- ja onnettomuusrekisteri

Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (*Tukes*) eri lähteistä keräämät tiedot Suomessa sattuneista onnettomuuksista on koottu Vaurio- ja onnettomuusrekisteriin (*VARO-rekisteri*). Sen julkinen www-versio on otettu käyttöön vuonna 2003. VARO-rekisteriin kerätään tietoa onnettomuuksista ja vaaratilanteista, jotka liittyvät vaarallisiin kemikaaleihin, painelaitteisiin, kaivoksiin, sähkölaitteistoihin ja -laitteisiin sekä hisseihin. Onnettomuuksista julkaistaan sekä tilastotietoa että tapauskohtaisia onnettomuuskuvauksia. (Tukes, 2012b.)

VARO-rekisterin kehitti Tukesin edeltäjä Teknillinen tarkastuskeskus. Vuonna 1995 Tukesin perustamisen yhteydessä VARO-rekisterin luokituksia tarkistettiin ja laajennettiin vastaamaan paremmin Tukesin toimialoja. VARO-rekisteriä on kehitetty koko ajan ja muun muassa sen luokitusten kehittämisessä on hyödynnetty EU:n ylläpitämää MARS-rekisteriä (*Major Accident Reporting System*). Tukesin suorittamaa onnettomuustutkintaa on myös kehitetty voimakkaasti, erityisesti onnettomuuden taustalla olevien välillisten, onnettomuuden mahdollistaneiden, tekijöiden löytämiseksi. Sähkötapausten kohdalla luokitus on muutettu vastaamaan Pohjoismaiden viranomaisten yhteistyöelimen luokitusperusteita. (Tukes, 2012b.)

VARO-aineisto koostuu eri tietolähteistä saatuihin tietoihin onnettomuuksista ja vaaratilanteista. Tietolähteitä VAROn aineistolle ovat:

1. Tukesin tekemä onnettomuustutkinta
2. yritykset, Tukesin valvomilla aloilla toimivat yritykset ja joita säädökset velvoittavat ilmoittamaan toiminnassaan sattuneista vakavista onnettomuuksista. Muun muassa kemikaali-, painelaite-, räjähdde-, kaivos- ja sähköturvallisuuslainsäädäntöön sisältyy ilmoitusvelvollisuus.
3. muut viranomaiset
4. päivälehdet
5. muu sähköinen mediaseuranta ja
6. Sisäasiainministeriön ylläpitämä Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustietojärjestelmä (*Pronto*).

Tukesista ollaan yhteydessä yritykseen tai muihin viranomaisiin tapausta koskien, jotta tietoja voidaan täsmentää. Kaikki onnettomuudet eivät kuitenkaan tule Tukesin tietoon ilmoitusvelvollisuudesta ja aktiivisesta seurannasta huolimatta. (Tukes, 2012b.)

3 ANALYYSIN KOHDE JA VAIHEET

3.1 Tislauskolonne oppimisympäristönä

Tämän työn kohteena oli Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonne. Tässä tislauskolonna tarkastellaan oppimisympäristönä ja opiskelijalaboratorioharjoitusten näkökulmasta. Tislauskolonne sijaitsee Tampereen teknillisen yliopiston Sähkötalon F-hallissa, joka toimii laboratoriohallina.

Tislauskolonnin prosessilaitteisto ja näin myös oppimisympäristö, on jakautunut kahteen kerrokseen. Kerrosten väliin on tehty aukko, josta kolonne nousee myös yläkertaan. Kuvista 3.1 ja 3.2 nähdään, että aukon ympärillä on kaide ja aukko on peitetty ritillä, jotta aukosta ei pääse putoamaan alakertaan. Näillä esteillä myös varmistetaan, ettei alakertaan pääse aukon kautta.



Kuva 3.1. Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonne



Kuva 3.2. *Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonni*

Tislauskolonnin yläosa on yläkerrassa. Kolonnin kyljissä on pieniä ikkunoita välipohjille, jotta opiskelijat voivat katsoa niistä välipohjille ja nähdä, mitä niillä tapahtuu. Yläkerrassa sijaitsevat prosessin tisle- sekä alitesäiliöt. Nämä molemmat säiliöt ovat lukittuina. Yläkerrassa on myös pää- ja apulauhduttimet, tisleakku, tisleen jäähdytin sekä automaatiojärjestelmän prosessiasema ja ristikytkentäkaappi. Prosessiasema on sama PC, mitä käytetään opetuksessa.

Opetus tapahtuu pääasiassa yläkerrassa. Laboratorioharjoituksissa laitteistoon tutustuessaan opiskelijat käyvät laboratorioharjoitusten vetäjän kanssa myös alakerrassa. Tietokone, jolla tehdään erilaisia harjoituksia laboratorioharjoitusten aikana, sijaitsee yläkerrassa. Tilassa on ollut sama tietokone jo useamman vuoden ajan ja sen näyttö on pieni. Opiskelijoiden on vaikea seurata opetuksen kulkua pieneltä tietokoneen ruudulta. Kohdassa, jossa on pöytä ja tuoleja, ritilä toimii lattiana pienellä alueella. Kuvan 3.1 taustalla voidaan nähdä tämä ritilä. Ritilän päälle asetetun kalusteen jalka voi luiskahtaa ritilässä olevaan reikään ja aiheuttaa näin vaaratilanteen, jonka seurauksena voi olla laiterikko tai loukkaantuminen.

Alakerrasta löytyy prosessin muut osat. Siellä on höyrykattila, syöttösäiliöt, syötön esilämmitin ja lämmitin, syöttö, alite- ja tislepumppu, lauhdesäiliö sekä pohjakiehutin. Alakertaan kuljetaan portaita, jotka ovat kuvassa 3.3. Alakerrassa säilytetään etanolia, joka ei ole prosessissa. Tila on lukittu ja avain on tislauskolonnivastaavalla, joka avaa oven tilan käyttäjille tai luovuttaa avaimen laboratorioharjoitusten vetäjälle. Sähkötalon F-halliin pääsevät kaikki vapaasti, Tampereen teknillisen yliopiston ovien aukiolon ja kulkulupien puitteissa.



Kuva 3.3. Ylä- ja alakerran välillä olevat portaat

Laitteisto on sijoitettu ennalta määrättyyn tilaan, joten sen sijoittelut on jouduttu järjestelemään tilan mukaan. Prosessin osat sijaitsevat lähellä toisiaan, mutta kuitenkin riittävän väljästi, jotta niiden huolto on mahdollista. Tilat ovat suurten opiskelijaryhmien kannalta ahtaat, joten laboratorioharjoituksien ryhmäkoossa on huomioitava tilan asettamat rajoitteet.

Sähkötalon F-hallissa on myös muiden laitosten laboratoriotiloja. Nämä tilat on jätetty tämän diplomityön tarkastelun ulkopuolelle. Muilla laboratoriotiloilla on kuitenkin vaikutuksensa myös tislaukskolonnilla työskentelyyn. Joskus laboratoriohallissa on enemmän käyttäjiä ja siellä saattaa kuulua häiritsevää melua. Lisäksi tislaukskolonnin läheisyydessä saattaa kulkea ihmisiä. Yläkerran tila on kuitenkin rajattu ja opetus ei häiriinny muiden henkilöiden kulkemisesta. Sermit, joilla tila on rajattu, eivät kuitenkaan ehkäise melun kuulumista tislaukskolonnilla. Tislaukskolonnin kuumana ajoa suoritettaessa, prosessi pitää kovaa ääntä. Muut hallin käyttäjät voivat kokea tämän häiritseväksi.

Työympäristö on epäsiisti ja siellä on ylimääräistä tavaraa. Tilassa on myös rikkiinäisiä kalusteita, jotka olisi ajankohtaista päivittää uusiin. Yläkertaan on varastoitu erilaisia papereita ja kansioita, vaikka niiden paikka ei olisikaan tislaukskolonnilla. Kaikkia näitä papereita ei enää ole edes välttämätöntä säilyttää. Tilan lattian halki kulkee sähköjohtoja, jotka ovat turvallisuusriski. Ne aiheuttavat kompastumisvaaran. Turvallisuus-

riskin lisäksi sähköjohdot keskellä työtilaa luovat epäsiistin vaikutelman. Alakerrassa on yläkerran tapaan ylimääräistä tavaraa. Tavarat eivät liity tislauskolonniin tai siellä toteutettavaan opetukseen. Ylimääräinen tavara aiheuttaa vaaran onnettomuustilanteissa sekä tulipalon sattuessa.

3.2 Tislauskolonnin oppimistehtävien kuvaus

Tislauskolonnilla suoritettavien opetustilanteiden kuvaukseen tarvittu informaatio on saatu opintojaksojen materiaaleista sekä diplomityöstä, joka tehtiin osana Systeemitekniikan laitoksen tislausprosessin modernisointia. Systeemitekniikan laitoksen opintojaksojen materiaaleissa on esitetty laboratorioharjoitusten sisältö. Näihin lähteisiin tutustumalla selvisi opintojaksoihin liittyvien laboratorioharjoitusten kulku.

Oppimistilanteet jaetaan kolmeen laboratorioharjoitustyyppiin laboratorioharjoitusten sisällön perusteella. Kaikki laboratorioharjoitustyypit on esitelty luvussa 4.1.

3.3 Haastattelut

Haastattelut on suoritettu yksittäin asianmukaisten henkilöiden kanssa. Haastatteluihin valittiin henkilöitä, joilla on kokemusta tislauskolonnilla työskentelystä. Työntekijöiden taustat tislauskolonnilla työskentelystä olivat erilaiset, mikä toi esiin erilaisia näkökulmia haastatteluissa.

Haastattelut olivat luonteeltaan puolistrukturoituja teemahaastatteluja, joissa esitettiin kaikille haastateltaville samat ennalta määritellyt kysymykset, joihin he saivat vastata omin sanoin. Haastatteluissa käsiteltiin erilaiset aihealueet läpi yksitellen ja niihin liittyen keskusteltiin, jos keskustelua syntyi. Haastattelukysymykset valittiin niin, että niiden avulla saadaan mahdollisimman paljon tietoa tämän diplomityön kannalta tärkeistä asioista. Haastattelutilaisuudet olivat joustavia ja niissä onnistuttiin käsittelemään hyvin työn kannalta oleellisia asioita. Yksi haastateltavista vastasi hänelle esitettyihin kysymyksiin sähköpostin välityksellä. Haastattelukysymykset on esitetty liitteessä 3.

Haastattelujen jälkeen toteutettiin yhteenvedot jokaisesta haastattelutilanteesta. Haastateltavat saivat nämä yhteenvedot tarkistettavakseen, jotta mahdolliset asiavirheet tuli korjattua. Haastatteluista tehtyjen yhteenvedojen ansiosta haastatteluissa käsiteltyihin asioihin on helppo palata uudelleen myöhemmin.

Haastateltavilla henkilöillä oli hyvin erilaiset käyttökokemukset tislauskolonnilta. Monen haastateltavan kohdalla esille nousi se, että heidän omat tietonsa tislauskolonnista ovat puutteelliset. Moni oli huolestunut, siirtyvätkö kaikki tislauskolonniin liittyvät tarpeelliset tiedot eteenpäin työntekijöiden vaihtuessa.

3.4 Vaurio- ja onnettomuusrekisteri

Tukesin VARO-rekisteriin tallennettuihin onnettomuuskuvauksiin tutustuttiin analyysin aihepiiriin liittyen. Onnettomuuskuvauksia etsittiin käyttämällä hakusanoja: ”etanoli”, ”kolonni”, ”tislaus” ja ”tislauskolonni”.

Haun sai tehtyä myös muiden hakuheitojen avulla. Hakuun sai rajata valikosta muun muassa onnettomuuspaikan. Valittavana ei ollut oppimisympäristöä, joten haku suoritettiin ilman rajausta onnettomuuspaikasta. Hakutuloksissa oli selvitetty, missä onnettomuus tai vaaratilanne oli tapahtunut.

VARO-rekisteristä löytyneisiin onnettomuuskuvauksiin tutustuttiin lukemalla niitä ja arvioimalla niiden sisältöä diplomityön näkökulmasta. Työn luvussa 4.5 on kuvattu tarkemmin, mitä huomionarvoista VARO-rekisterin onnettomuuskuvauksista löytyi tämän diplomityön osalta.

3.5 Riskityöpaja

Tammikuussa 2015 pidettiin riskityöpaja erikseen valitun ja kootun työryhmän kesken. Ryhmän kokoamisen lähtökohtana oli se, että riskityöpajaan osallistuisi henkilöitä, joilla on erilaisia kokemuksia Systeemitekniikan laitoksen tislaukolonnista, jotta saataisiin tarkasteltavaksi erilaisia näkökulmia. Riskityöpajan tavoitteena oli laatia riskianalyysi tislaukolonnista sekä saada lähdemateriaalia tähän diplomityöhön. Seuraavassa on esiteltynä riskityöpajaan liittyvät työvaiheet suunnittelun ja itse varsinaisen riskityöpajatapaamisen osalta.

Riskityöpajan suunnitteluun liittyvät työvaiheet:

1. Sopivan riskityöpajan työryhmän kokoonpanon miettiminen.
2. Muutaman eri ajankohdan ehdottaminen toivotuille osallistujille. Osallistujat vastasivat Doodle-kyselyyn heille sopivista ajankohdista.
3. Parhaiten sopivan ajankohdan valitseminen riskityöpajan toteuttamisen ajankohdaksi.
4. Riskityöpajan suunnittelu; sisältö ja aikataulu. Riskityöpajan kutsun sekä läpikäytävistä asioista tietopakettien laatiminen.

Riskityöpajatapaamiseen liittyvät vaiheet:

1. Riskityöpajan aloitus:
 - a. Tapaamisen aikataulu
 - b. Läpikäytävien riskianalyysien esittely
2. Poikkeamatarkastelun toteuttaminen. Rajallisen ajan vuoksi riskityöpajassa etsittiin ainoastaan Systeemitekniikan laitoksen tislaukolonnin tislauksprosessin poikkeamia, eikä poikkeamatarkastelua toteutettu muilta osin.
3. Aivoriin toteuttaminen. Aivoriinissä ideoitiin erilaisia riskejä, jotka liittyvät tislaukolonniin, prosessiin sekä työympäristöön.
 - a. Jokainen osallistuja sai ideointilomakkeen, johon kirjasi kolme ideoimaansa riskiä tai ongelmaa.
 - b. Idealomake annettiin seuraavalle työryhmän jäsenelle, joka ideoi kolme uutta riskiä tai jatkoi idealomakkeessa lukevien riskien kehittelyä eteenpäin. Näin jatkettiin, kunnes uusia ideoita ei enää syntynyt.
4. Riskityöpajan päättäminen.

Toteutetun riskityöpajan tulokset käsitellään ja arvioidaan luvussa 4.6.

3.6 Poikkeamatarkastelu

Riskityöpajassa toteutettiin poikkeamatarkastelu luvun 2.6.1 esittämällä tavalla tislausprosessin poikkeamien etsimisen osalta. Tarkastelun kohteena oli prosessin kuumana ajo. Riskityöpajan jälkeen poikkeamatarkastelun työvaiheet olivat seuraavat:

1. Riskityöpajassa löydetty poikkeamat kirjattiin analyysilomakkeelle.
2. Kirjattiin syitä poikkeamiin niiden poikkeamien osalta, joihin ei listattu syitä vielä riskityöpajassa. Jokainen poikkeama käytiin läpi yksi kerrallaan.
3. Mietittiin, millaisia seurauksia poikkeamien syntymisellä voisi olla. Seuraukset kirjattiin ylös analyysilomakkeelle.
4. Arvioitiin, millaisen luokituksen vaaroja poikkeamat ovat toteutuessaan.
 - a. Kolmiportainen luokittelu:
 - suuronnettomuusvaara
 - vakava tai todennäköinen vaara, ei kuitenkaan suuronnettomuus tai
 - vähäinen vaara.
5. Vaarojen luokkien kirjaaminen analyysilomakkeille.
6. Selvitys, onko poikkeamiin ja niiden aiheuttamiin vaaroihin varauduttu mitenkään.
7. Toimenpide-ehdotusten kehittäminen.
 - a. Parannustoimenpide-ehdotukset
 - b. Erilliset huomautukset prosessin käyttäjille.

Toteutetun poikkeamatarkastelun tulokset käsitellään ja arvioidaan tarkemmin luvussa 4.7.

3.7 Työn turvallisuusanalyysi

Työn turvallisuusanalyysi toteutettiin erillisessä tapaamisessa, jossa mukana oli Systeemitekniikan laitoksen aiempi tislauskolonnivastaava. Tapaamisen sekä työn turvallisuusanalyysin tavoitteena oli saada lähdemateriaalia tähän diplomityöhön. Tapaamisessa käytiin myös läpi riskityöpajan sisältö ja siellä saadut tulokset.

Työn turvallisuusanalyysin kohteena oli Systeemitekniikan laitoksen tislausprosessin kuumana ajo. Tarkastelun apuna käytössä oli tislausprosessin työohjeet. Myös aiemman tislauskolonnivastaavan kokemuksia ja tietoja käytettiin tarkastelun tukena. Analyysin toteutuksen jälkeen, tulokset kirjattiin erilliselle analyysilomakkeelle. Työn turvallisuusanalyysin tulokset toimitettiin myös riskityöpajaan osallistuneille henkilöille.

Varsinainen työn turvallisuusanalyysi toteutettiin tapaamisessa hieman poiketen verrattuna niin sanottuun normaaliin työn turvallisuusanalyysiin. Tapaamisessa päätettiin, että Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonnin kohdalla riittää, että työvaiheet on käsitelty varsin yleisesti eikä täysin yksityiskohtaisesti eritellen jokaista pienintäkin työvaihetta. Esimerkkinä yleisesti vain ”höyrykattilan käynnistäminen”, eikä niin, että kaikki käynnistämiseen liittyvät toiminnot olisi avattu erikseen.

Analyysin toteuttamiseen liittyvät työvaiheet:

1. Tislausprosessin kuumana ajon jakaminen erillisiin työvaiheisiin.
2. Jokaisen työvaiheen käsitteleminen yksitellen.
 - a. Mitä vaaroja työvaiheeseen liittyy?
3. Vaarojen syiden päättelyminen.
4. Riskin suuruuden arvioiminen.
5. Parannustoimenpide-ehdotusten kehittäminen.

Riskin suuruuden arvioinnin apuna käytettiin karkeaa riskin määrittelyä. Se eroaa luvun 2.4.2 taulukosta 2.3 siten, että siinä todennäköisyys on jaettu kolmeen eri luokkaan neljän luokan sijaan. Karkeassa riskin määrittelyssä riskin esiintymistodennäköisyys jaetaan seuraavasti: epätodennäköinen, mahdollinen ja todennäköinen. Karkean riskin määrittelyn arvioitiin olevan riittävän tarkka tähän työn turvallisuusanalyysiin. Arvio tehtiin aiemman tislauskolonnivastaavan kanssa. Työn turvallisuusanalyysin tulokset esitellään luvussa 4.8.

3.8 Potentiaalisten ongelmien analyysi

Riskityöpajassa toteutettiin nopea aivorihi, jossa ideoitiin kaikkia erilaisia riskejä Systemiteknikan laitoksen tislauskolonniin sekä sen ympäristöön liittyen. Aivorihiessä syntyneet ideat riskeistä ja ongelmista kirjattiin ongelmien ideointilomakkeisiin. Riskityöpajan jälkeen siirryttiin tarkempiin menetelmiin ideoitujen ongelmien läpikäymiseksi.

Riskityöpajan jälkeen kaikki aivorihiessä syntyneet ideat listattiin vaaraluetteloon, jotta kaikki riskit ovat dokumentoituna mahdollista myöhempää tarkastelua varten, vaikkei niitä olisi valittukaan jatkokäsittelyyn. Tämän jälkeen potentiaalisten ongelmien analyysi jatkui seuraavilla työvaiheilla:

1. Ideoiden luokittelu.
2. Jatkokäsittelyyn valittujen riskien yksityiskohtainen tarkastelu: tunnistetaan vaaran syyt ja seuraukset.
3. Riskin suuruuden määrittäminen.
4. Tarkasteluhetken varautuminen riskeihin. Parannustoimenpide-ehdotusten tekeminen, jos varautuminen ei ole riittävää.
5. Kirjaukset analyysilomakkeisiin.

Riskin suuruuden arvioinnin apuna käytettiin taulukkoa 2.3 luvusta 2.4.2. Potentiaalisten ongelmien analyysin tulokset esitellään luvussa 4.9.

3.9 Työympäristön riskinarviointi

Työturvallisuuslain (738/2002) tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita. Työympäristön parantamisella turvataan ja ylläpidetään työntekijöiden työkykyä. Lisäksi sen avulla voidaan ennaltaehkäistä ja torjua muun muassa työtapaturmia sekä muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden

haittoja. Työpaikan kehittämistoiminnassa ja suunnittelussa on otettava huomioon tavoitteet turvallisuuden ja terveellisuuden edistämiseksi sekä työkyvyn ylläpitämiseksi. Työnantajan on tunnistettava ja arvioitava myös työympäristöstä aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät. (738/2002). Lisäksi yliopistolaissa (558/2009) määrätään, että opiskelijalla on oikeus turvalliseen opiskeluympäristöön. Opetus- ja kulttuuriministeriön koulurakennusten turvallisuutta pohtineen työryhmän esityksessä on mainittu, että turvallisuus tulee asettaa yhdeksi päätavoitteeksi sekä uusia rakennuksia että korjaustöitä suunniteltaessa. Turvallisuutta tarkasteltaessa on otettava huomioon arjen toimintojen lisäksi myös häiriötilanteet. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2015).

Kun työnantaja suunnittelee työympäristön rakenteita ja tiloja, on huolehdittava siitä, että suunnittelussa otetaan huomioon niiden vaikutukset työntekijöiden turvallisuuteen ja terveyteen. Työturvallisuuslaissa määrätään, että työskentelypaikkojen kulkuteiden, käytävien, uloskäytävien ja pelastusteiden, työskentelytasojen sekä muiden alueiden, joissa työntekijät työnsä vuoksi liikkuvat, on oltava turvallisia ja ne on pidettävä turvallisessa kunnossa. Pelastustiet ja uloskäytävät on aina pidettävä vapaina. Työpaikalla on ylläpidettävä järjestystä ja siisteyttä. (738/2002). Hyvä järjestys edellyttää, että työvälineille, laitteille, materiaaleille ja jätteille on varattu asianmukaiset sijoituspaikat. Työpaikan järjestyksellä ja siisteydellä helpotetaan ja nopeutetaan työskentelyä sekä lisätään viihtyvyyttä ja paloturvallisuutta. Kulkemisen on oltava turvallista ja esteetöntä, minkä vuoksi kulkureiteille ei jätetä tavaroita. (Työturvallisuuskeskus.) Euroopan unionissa suurin työtapaturmien syy kaikilla toimialoilla on liukastumiset, kompastumiset ja kaatumiset. Niiden osuus on noin viidennes. (SEL ry, 2014.)

Tislauskolonnin työympäristön, oppimisympäristön, työturvallisuuteen ja turvallisuuteen tutustuttiin dokumenttien, laboratorioharjoitusten ohjeiden sekä työympäristölle suoritettun riskinarvioinnin avulla. Näiden perusteella muodostettiin kuva oppimisympäristön turvallisuudesta ja siitä, mitä laboratorioharjoituksissa tehdään ja mitä vaatimuksia ne asettavat turvallisuudelle. Lisäksi tutustuttiin työturvallisuuslain asettamiin vaatimuksiin sekä opetushallituksen laatimaan prosessiteollisuuden alojen oppimisympäristöjen turvallisuusoppaaseen.

Työympäristöön liittyvät riskit tunnistettiin aiempien haastatteluiden, tislauskolonnilla suoritettavien laboratorioharjoitusten ohjeiden sekä toteutettujen riskianalyyysien avulla. Riskejä tunnistettiin näiden lisäksi myös tutustumalla tislauskolonnin työympäristöön sekä tunnistamalla siihen liittyviä riskejä. Riskinarvioinnin pohjatietoina ja lähteenä toimivat kaikki diplomityöprosessin aikana kerätyt tiedot sekä tehdyt havainnot. Työympäristöön liittyvän riskinarvioinnin vaiheet:

1. Työympäristöön liittyvien vaarojen tunnistaminen,
 - a. Toteutetut riskianalyytit, haastattelut, laboratorioharjoitusohjeet, Automaation turvallisuus -kurssin riskinarviointien tulokset
 - b. Työympäristön havainnointi
2. Löydettyjen vaaratilanteiden arvioiminen,
3. Riskeihin varautuminen ja parannustoimenpide-ehdotusten kehittäminen,
4. Toteutettavien toimenpiteiden valinta sekä

5. Toimintasuunnitelman laatiminen.

Työympäristön riskinarvioinnin tärkeimmät tulokset on esitetty luvussa 4.10.

Tislauskolonnin oppimisympäristöön liittyvä dokumentointi turvallisuuden osalta on hyvin vähäistä. Tislauskolonnin valmistumisen ajalta on dokumentoituna etanolin säilytykseen liittyvää kirjallisuutta. Vuoden 1982 perustamislupahakemuksen liitteenä on ollut selvitys palotorjunnan järjestelystä. Liitteessä on kerrottu silloisista sammuttimista tislauskolonnin läheisyydessä. Lisäksi perustamislupahakemuksen liitteessä on mainittu, että tulipalon sattuessa vedellä voidaan sammuttaa paloa, sillä vesi ja etanoli sekoittuvat toisiinsa. (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1982a). Tilan läheisyydestä löytyy sammuttimet sekä ensiapukaappi, jotka ovat tilassa työskentelevien käytettävissä. Ne on myös merkitty asianmukaisesti.

Käyttöönottotarkastuksesta tehdyssä dokumentissa on mainittu, ettei määräaikaistarkastuksia tehdä kustannussyistä (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1982b). Haastatteluissa selvisi, ettei tislausprosessiin ole tehty määräaikaistarkastuksia, ja huoltoja on suoritettu vain tarvittaessa.

3.10 Kehityskohteiden valinta

Tislauskolonniin sekä sen työympäristöön toteutettujen riskianalyysien tuloksien perusteella valittiin kehityskohteet, joille laadittiin myös toimintasuunnitelma. Kehityskohteiden valintaan vaikuttivat vaatimukset, joita tislauskolonnille ja sen työympäristölle on asetettu. Vaatimuksia asettavat prosessin ja tilan käyttö opetuskäytössä sekä turvallisuusvaatimukset: prosessin ja tilan on oltava turvallisia. Tislauskolonnille sekä sen työympäristölle toteutettujen riskianalyysien seurauksena kehiteltiin erilaisia toimenpideehtoja löydettyjen riskien poistamiseksi ja pienentämiseksi. Osiin riskeistä on jo varauduttu, joten niitä ei tarvitse erikseen käsitellä. Toteutettavien toimenpiteiden valinta perustuu toimenpiteiden toteuttamisesta saataviin hyötyihin. Valintaan vaikuttavat myös kustannukset. Jos toimenpiteen toteuttaminen on erittäin kallista ja siitä saadaan vain pieni hyöty, sen toteuttaminen ei ole tässä tapauksessa kannattavaa. Varsinkaan, kun löydetty riskit eivät ole sietämättömän suuria.

Tislausprosessilta sekä tislauskolonnin työympäristöltä vaaditaan, että ne ovat turvallisia, ne eivät saa aiheuttaa vaaraa käyttäjille. Lisäksi haastatteluissa esitettiin toiveita, että työympäristöstä kehitettäisiin toimivampi ja siistimpi. Oppimisympäristön sekä oppimisvälineiden tulee tukea opiskelijoiden oppimista, joka on huomioitu myös kehityskohteiden valinnassa.

Kehityskohteiden valinta toteutettiin käymällä läpi diplomityön aikana toteutettujen riskianalyysien tulokset sekä niissä esitetyt toimenpideehdotukset ja haastatteluissa esiin nousseet näkökohdat. Näiden lisäksi työympäristöä havainnoitiin yleisesti ja laboratorioharjoitusten suorittamisen näkökulmasta. Näiden perusteella valittiin kohteet, joita on kehitettävä, jotta voidaan vastata tislauskolonnille sekä sen työympäristölle asetettuihin vaatimuksiin. Kehityskohteiden valinnan jälkeen tarkasteltiin toimenpideehtoja ja niiden toteuttamisen vaikutuksia sekä seurauksia. Toimenpideratkaisujen

hyvyys sekä hyväksyttävyys arvioitiin. Näin varmistuttiin, että toimenpiteet ovat toimivia ja niiden avulla saatiin toivottuja tuloksia.

Tämän jälkeen laadittiin toimintasuunnitelma valittujen toimenpiteiden suorittamiseksi. Toimintasuunnitelman laatiminen on esitetty tarkemmin seuraavassa luvussa.

3.11 Toimintasuunnitelman laatiminen kehityskohteisiin

Toimintasuunnitelma laadittiin, kun oli päätetty suoritettavat toimenpiteet kehityskohteisiin. Toimintasuunnitelmassa esitetään:

- järjestys, jossa toimenpiteet tulee toteuttaa ja
- missä aikataulussa toimenpiteet olisi suotavaa suorittaa.

Toimenpiteiden suorittamisen jälkeen on myös seurattava toimenpiteiden vaikutuksia ja toimivuutta. Vaikka toimenpiteet ja niiden vaikutukset on arvioitu, niin odottamattomia seurauksia voi esiintyä, joihin ei ole osattu varautua.

Toimenpide-ehdotusten sekä toimintasuunnitelman noudattaminen on Systeemitekniikan laitoksen päätettävissä ja se voi tarvittaessa tehdä muutoksia sen toteuttamiseen. Virallisesti vastuu Systeemitekniikan laitoksen tislaukolonnista on laitoksen johtajalla. Toimenpiteiden suorittaminen on suotavaa kuitenkin nopealla aikataululla, jotta asiat tulevat hoidetuksi. Tilat tulee saada kuntoon ennen syksyllä jatkuvaa opetusta. Kehityskohteet, toimenpide-ehdotukset sekä niihin liittyvä toimintasuunnitelma on esitetty luvussa 4.11.

3.12 Turvallisuusohjeiden laatiminen opiskelijoille

Systeemitekniikan laitoksella ei ole aiempia työturvallisuusohjeita laboratorioharjoituksiin osallistuville opiskelijoille, joten työturvallisuusohjeiden laatimisen tukena käytettiin eri kurssien laboratorioharjoitusten ohjeita opiskelijoille sekä vetäjän ohjeita. Lisäksi aiemmat riskianalyysit ja niiden tulokset ovat pohjana työturvallisuusohjeiden laatimiselle. Ohjeiden avulla selvitettiin, millaisia tehtäviä laboratorioharjoituksissa on ja millaisiin asioihin on näin ollen työturvallisuuden kannalta kiinnitettävä huomiota.

Työturvallisuusohjeet on jaettu kahteen osaan:

- työturvallisuusohjeet opiskelijaryhmille laboratorioharjoituksiin, joissa tislauksen prosessia ei ajeta kuumana ja
- työturvallisuusohjeet opiskelijaryhmille laboratorioharjoituksiin, joihin kuuluu tislauksen prosessin kuumana ajo.

Jako työturvallisuusohjeiden välille tehtiin, koska prosessin kuumana ajon aikana prosessi ja sen osat kuumenevat. Prosessiosien kuumeneminen on huomioitava työskentelyssä palovammojen ja tulipalon estämiseksi.

Työturvallisuusohjeita laadittaessa oli huomioitava laboratorioharjoitusten luonne ja mihin asioihin kiinnittämällä parannetaan turvallista työskentelyä tislaukolonnilla. Ohjeista haluttiin myös selkeät sekä riittävän lyhyet. Liian pitkät ohjeet lisäävät mahdollisuutta, etteivät opiskelijat jaksa käydä niitä ajatuksella läpi.

Systeemitekniikan laitos päättää itse, kuinka työturvallisuusohjeet jaetaan opiskelijoille. Ne voidaan liittää osaksi esiselostus- tai laboratoriotyöohjeita tai ne voidaan jakaa opiskelijoille erikseen. Laboratorioharjoitusten alkaessa opiskelijoita voidaan ohjata tutustumaan työturvallisuusohjeisiin, jos he eivät ole sitä vielä tehneet.

4 TULOKSET

4.1 Tislauskolonnilla suoritettavat opetustilanteet

Systeemitekniikan tislauskolonni on tarkoitettu sekä opetus- että tutkimuskäyttöön. Opetustilanteet poikkeavat hyvin paljon toisistaan eri kursseilla. Tislauskolonnilla tehtävät harjoitukset:

1. Kolonnidemo
2. Automaatiojärjestelmän konfigurointiharjoitus
3. Prosessien hallintaan liittyvä harjoitus.

Kolonnidemossa opiskelijat käyvät opintojensa alkuvaiheessa, ensimmäisenä tai toisena lukuvuonna, tutustumassa tislauskolonniin ja sen automaatioon opastetun kierroksen avulla. Demokierros suoritetaan maksimissaan 9 opiskelijan ryhmissä ja se on kestoaltaan noin 45 minuuttia. Kierrosta ennen pidetään 45 minuutin luento, jossa esitellään yleisimmät periaatteet tislauskolonniin liittyen. Demotilaisuudessa käydään läpi laajempi demo-ohje. Demokierros ja demo-ohje käsittelevät muun muassa tislauksen perusperiaatteita, tislauskolonnin instrumentointia sekä automaation järjestelmätekniikkaa. Demonstraation ideana on antaa opintojensa alkuvaiheessa oleville opiskelijoille käsitys siitä, mihin kyseisellä kurssilla esiteltäviä säätötekniisiä ja mittaustekniisiä asioita tarvitaan. Nykyisen demotilaisuuden tilalle on suunniteltu, että sen korvaisi tulevaisuudessa ”kolonnisuunnistus”, joka tapahtuisi opiskelijaryhmissä, ilman opettajaa. (Hännikäinen & Laitinen, s. 2.)

Automaatiojärjestelmän konfigurointiharjoituksessa harjoitellaan tekemään oikeaan automaatiojärjestelmään ja prosessiin säädin sekä valvomonäyttö, jonka kautta säädintä ja prosessia voidaan operoida. Harjoitus tehdään opettajan johdolla ja jokainen opiskelija saa osallistua vuorollaan tietokoneella tehtäviin harjoituksiin. Ajallisesti konfigurointiharjoitus kestää 2 x 45 minuuttia. (Jaatinen et al, 2009, s. 17.)

Erillinen laitetekniikkaan liittyvä harjoitus on jäänyt pois kurssitarjonnan muututtua, sen sisältöä on kuitenkin yhdistetty konfigurointiharjoitukseen. Entisen laitetekniikka-harjoituksen ideana oli tutustuttaa opiskelija tislauskolonnin laitteistoon, asennoittimien viritykseen sekä venttiilien mitoittamiseen. Erillisenä harjoituksena laitetekniikkaharjoitus kesti 2 x 45 minuuttia. (Hara, 2015, s. 72-73.)

Prosessien hallintaan liittyvä harjoitus on ainoa harjoitus, jossa tislauskolonnilla tislataan oikeasti. Laboratorioharjoitus on noin kahden tunnin mittainen. Laboratorioharjoituksessa käydään läpi ennen varsinaista tilaisuutta tehdyt esiselostustehtävät sekä tislauharjoitus, jossa opiskelijat suorittavat askelvastekokeen. Laboratorioharjoituksen aikana opiskelijoilla on aikaa tutustua kolonnin laitteistoon, instrumentointiin sekä automaatiojärjestelmään, sillä tislauksen prosessin tasapainotilan löytämiseen menee aikaa.

Laboratorioharjoituksessa kerätään myös dataa, jota käytetään myöhemmässä vaiheessa prosessin simulointiin. Harjoitus on osana kurssia, joka käydään 3 - 5. vuosikurssilla. (Hara, 2015, s. 73.)

4.2 Räjähdyksvaaran arviointi tislauskolonnin oppimisympäristössä

Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijälle aiheuttaman vaaran torjunnasta (576/2003) määrää, että työnantajan on selvitettävä ja tunnistettava, esiintyykö työpaikalla räjähdyskelpoisia ilmaseoksia (VNa 576/2003). Tampereen teknillinen yliopisto on tilannut räjähdys-suojausasiakirjojen laatimisen yliopiston ulkopuoliselta yritykseltä. Tampereen teknillisen yliopiston räjähdys-suojausasiakirjan ovat laatineet yhteistyössä ulkopuolisen yrityksen edustajat ja Tampereen teknillisen yliopiston suoje-lujohtaja. Räjähdys-suojausasiakirjat on laadittu vuonna 2010. (Allinniemi et al. 2010.)

Räjähdys-suojausasiakirjassa käydään läpi Tampereen teknillisen yliopiston räjähdysvaarallisten tilojen arviointi. Tampereen teknillisen yliopiston tilojen vaaroja tunnis-tettaessa on kiinnitetty huomiota normaalien tilainteiden lisäksi myös normaalista poik-keaviin tilanteisiin, esimerkiksi huoltotilanteisiin. Riskien arvioinnin suorittajat tarkaste-livat lisäksi vaaratilanteen mahdollisia seurauksia sekä sitä, miten vaaraan on varaudut-tu. Riskin arvioinnin tulokset on kirjattu erilliseen riskinarviointilomakkeeseen. Riskin arvioinnin tuloksista käy ilmi, ettei tilassa, jossa Systemiteknikan laitoksen tislausko-lonni on, pääse syntymään räjähdysvaarallista ilmaseosta. (Allinniemi et al. 2010.) Kos-ka räjähdyskelpoista ilmaseosta ei pääse syntymään, niin tila, jossa tislauskolonni sijait-see, ei ole räjähdysvaarallinen tila.

Riskinarviointilomakkeista ei selviä, onko arvioinnissa huomioitu myös mahdolliset häiriötilanteet. Häiriötilanteita voisivat olla esimerkiksi se, että etanolia valuu lattialle, muihin tiloihin tai viemäriin. Myös tällaisten tilanteiden riskinarviointi pitäisi toteuttaa arvioitaessa tilan räjähdysvaaraa. Tampereen teknillisen yliopiston työsuojelupäällikkö kertoi, että tällaiset häiriötilanteet on jätetty riskinarvioinnin ulkopuolelle. Päätös perus-teltiin sillä, että niiden tapahtumistodennäköisyys on arvioitu erittäin pieneksi. (Leppä-nen, 2015.)

4.3 Kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin laajuuden ai-heuttamat velvollisuudet

Valtioneuvoston asetuksessa vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvon-nasta (855/2012), eli kemikaaliturvallisuuslaissa säädetään vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä, varastoinnista ja säilytyksestä. Teollinen käsittely ja varastointi jaetaan laajamittaiseen ja vähäiseen toimintaan. Kemikaaliturvallisuuslaissa 855/2012 määritellään: ”Kemikaalien teollinen käsittely ja varastointi on laajamittaista, jos:

1. Tuotantolaitoksessa on yhtä vaarallista kemikaalia vähintään liitteen I osan 1 taulukon sarakkeessa 2 ilmaistu vähimmäismäärä tai keskenään samaan luok-

kaan kuuluvia kemikaaleja vähintään liitteen I osan 2 taulukon sarakkeessa 2 ilmaistu vähimmäismäärä.

Muu kemikaalien teollinen käsittely ja varastointi kuin 4 §:ssä määritelty on vähäistä.” (VNa 855/2012.) Taulukossa 4.1 on esitettyä kemikaalin luokitukseen perustuvat vähimmäismäärät helposti syttyvien nesteiden osalta.

Taulukko 4.1. Vähäinen teollinen käsittely ja varastointi (VNa 855/2012 liite 1 osa 2)

Kemikaali	R-lausekkeet ja räjähdeluokat	Sarake 1 Ilmoitus tonnia	Sarake 2 Lupa tonnia	Sarake 3 Toimintaperiaate-asiakirja tonnia	Sarake 4 Turvallisuus selvitys tonnia
7b Helposti syttyvät nesteet	R11	1	100	5000	50 000

Jotta voidaan määrittää, onko Systeemiteknikan laitoksella käytettävän etanolin kohdalla kyse laajamittaisesta vai vähäisestä teollisesta käsittelystä ja varastoinnista, on selvitettävä tislauskolonnilla olevan etanolin kokonaismassa. Tislauskolonnilla on arvioitu olevan yhteensä 400 litraa etanolia. Määrässä on otettu huomioon sekä prosessissa olevan että varastoidun etanolin määrä. Prosessissa olevan etanolin tarkkaa määrää on miltei mahdoton selvittää, sillä tislauskolonnin välipohjilla on jokaiselle eri etanolipitoisuudet. Arvio perustuu aiemman tislauskolonnivastaavan tietoon ja arvioita voidaan pitää luotettavana ja tämän työn kannalta riittävänä.

Massa saadaan johdettua kaavasta

$$\rho = m/V, \quad (1)$$

jossa ρ on tiheys, m on massa ja V tilavuus. Johtamalla kaavasta 1 saadaan:

$$m = \rho * V. \quad (2)$$

Taulukko 4.2. Etanolin molekyylimassa, tiheys (Työterveyslaitos 2014) ja tilavuus.

Etanoli C ₂ H ₆ O	
Molekyylimassa	46,1 g/mol
Tiheys	0,8 kg/dm ³
Tilavuus	400 l

Taulukon 4.2 lukuarvoja käyttäen saadaan arvo kaavalle 2. Näin tislauskolonnilla olevan etanolin yhteenlaskettu massa on 320 kg.

Tislauskolonnilla käytettävän etanolin kohdalla on kyse vähäisestä teollisesta käsittelystä ja varastoinnista, sillä etanolin määrä ei täytä asetuksessa 855/2012 laajamittaisen teollisen käsittelyn ja varastoinnin vaatimaa määrää. Syttyvien nesteiden kohdalla tämä määrä olisi sata tonnia. Tislauskolonnilla käytettävän etanolin vähäinen teollinen käsittely ei ole ilmoituksenvaraista, koska sen massa on vähemmän kuin tonnin. Taulu-

kosta 4.1 nähdään myös, ettei tislauskolonnilla käytettävästä etanolista tarvitse laatia lupahakemusta eikä toimintaperiaateasiakirjaa tai turvallisuusselvitystä.

4.4 Haastattelut tislauskolonnin käyttökokemuksista

Haastateltavilla oli erilaiset taustat Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonnilla työskentelystä, joten vastauksia haastattelukysymyksiin saatiin erilaisista näkökulmista. Haastatteluiden tavoitteena oli kerätä käyttökokemuksia tislauskolonnilta, sillä niitä ei ole dokumentoitu mihinkään muualle. Lisäksi tavoitteena oli saada selville riskit, joita työntekijät ovat kokeneet työskennellessään tislauskolonnilla.

Haastatteluissa selvisi, että haastateltavien mielestä suurimmat ongelmat liittyvät Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonnin työ- ja oppimisympäristöön. Kolonnin ympäristöä ei pidetä toimivana, vaan työympäristö koetaan ahtaaksi ja epäsiistiksi. Monet myös mainitsivat sen, että siellä on paljon sinne kuulumatonta tavaraa. Monien tavaroiden alkuperää ei edes tiedetä ja haastateltavat epäilivät, että myös ulkopuoliset henkilöt ovat saattaneet jättää sinne tavaroitaan.

Oppimisympäristönä tislauskolonnin ympäristölle toivottaisiin toimivampaa järjestelyä. Nyt työympäristö on ahdas ja siellä olevat tavarat ja kalusteet ovat epäjärjestyksessä. Työympäristöön toivotaan myös parempaa tilajakoa. Tilaa pitäisi pyrkiä myös rauhoittamaan, sillä tällä hetkellä hallin muu työskentely voi häiritä opetusta ja keskittymistä. Tilan tietokoneet voisi päivittää uusiin ja niissä olisi syytä olla myös suuremmat näytöt, jotta opiskelijoiden olisi helpompi seurata opetuksen kulkua. Opetuksen tukena voisi käyttää myös taulua tietokoneen lisäksi. Myös prosessin laitteilta toivottiin parempaa tunnistettavuutta. Työviihtyvyyttä lisäisi se, että tilassa olisi ehjät ja siistit kalusteet.

Työympäristön lisäksi halutaan kiinnittää huomio myös siihen, että aiemmalta tislauskolonnivastaavalta siirtyvät kaikki tarvittavat tiedot eteenpäin uudelle vastuuhenkilölle. Tätä tiedonsiirtoa on jo aloitettu ja sitä jatketaan kuluvan kevään aikana asiaan kuuluvien henkilöiden kesken.

Hätä-seis-kytkimen poistamista ihmeteltiin. Sen poistaminen oli perusteltu sillä, että se on ollut tarpeeton. Sitä, miten päätökseen tarpeettomuudesta oli päädytty, ei kerrottu tarkemmin. Hätä-seis-kytkimen avulla prosessin alasajo olisi nopeaa.

Erillistä turvallisuuskoulutusta tislauskolonnilla työskentelyyn ei ole annettu, eikä sitä ole koettu tarpeelliseksi, sillä työntekijät tuntevat entuudestaan vastaavia prosesseja. Vaikka tislauskolonnilla työskentelevät tuntevatkin vastaavia prosesseja, ei voida olettaa, että se riittää korvaamaan perehdytyksen ja työhön opastuksen. Opiskelijat eivät työskentele tislauskolonnilla ilman ohjaajaa sen kuumana ajon aikana. Mahdollisten itsenäisten laboratorioharjoitusten kohdalla prosessi ei ole käynnissä, joten itse prosessiin ei liity tällöin riskejä. Jos turvallisuuskoulutusta ja työhön perehdytystä ei ole annettu ja tislauskolonnilla sattuu onnettomuus, pidetään sitä välinpitämättömyytenä. Tällöin Systeemitekniikan laitos ei voi onnettomuuden jälkeen osoittaa, että tislauskolonnia

käyttäneillä henkilöillä olisi ollut vaadittu turvallisuusosaaminen sattuneen vahingon välttämiseksi tai tilanteessa oikein toimimiseen.

Etanolin ominaisuudet ovat pääpiirteittäin tuttuja haastatelluille. Siihen liittyvistä ominaisuuksista on otettu selvää itsenäisesti, eikä erilliselle koulutukselle tai tiedottamiselle koeta tarvetta. Systeemitekniikan laitos voisi kuitenkin harkita, olisiko syytä koota tislaukskolonnille lyhyt tiedote, josta selviäisi etanolin ominaisuudet sekä ohjeet sen asianmukaiseen säilyttämiseen. Kemikaalista tiedottaminen on osa perehdytystä sekä työhön opastusta.

Yleisesti haastateltavat pitivät tislauksprosessia tärkeänä. Sen avulla opiskelijat näkevät oikean mittakaavan teollisuuslaitoksen ja pääsevät tutustumaan prosessiin erilaisten laboratorioharjoitusten avulla. Tampereen teknillisessä yliopistossa ei ole muualla käytössä vastaavanlaista oppimisympäristöä.

4.5 Vaurio- ja onnettomuusrekisteri

Tukesin VARO-rekisteristä etsittiin onnettomuuskuvauksia hakusanoilla: ”etanoli”, ”kolonni”, ”tislauks” ja ”tislaukskolonni”. Tässä kappaleessa on koottuna, mitä huomion-arvoista tietoa rekisteristä löytyi Systeemitekniikan laitoksen tislaukskolonniin ja tähän diplomityöhön liittyen.

VARO-rekisteristä löytyneistä onnettomuuskuvauksista seuraavat asiat ovat huomionarvoisia myös Systeemitekniikan laitoksen tislaukskolonnilla:

- laitteiston ja prosessin toiminnan suunnittelu,
- prosessin hälytyksiin reagointi
- laitteiston kunnon tarkkailu ja huolto
- työntekijöiden ammattitaito
 - normaalikäyttö ja
 - poikkeustilanteet
- riskiarvioinnit
- ei toivottujen -tapahtumien läpikäyminen työntekijöiden kanssa sekä
- huolellisuus.

Systeemitekniikan laitoksen tislauksprosessi on varsin pienen mittakaavan prosessi ja sen suunnittelu on ollut yksinkertaisempaa kuin ison tuotantolaitoksen monimutkaiset prosessit. Prosessia on käytetty useamman vuosikymmenen ajan, eikä siinä ole huomattu ongelmia. Kuitenkin sen toimintaa ja toiminnallisuutta on seurattava jatkossa, jotta mahdolliset piilevät ongelmat huomataan. Systeemitekniikan laitoksen tislaukskolonnille huoltoja tehdään tarvittaessa, laitteiston vanhentuessa on kuitenkin syytä kiinnittää huomioita laitteiston kuntoon ja tarkkailla sitä.

Työntekijöitä on syytä ohjeistaa, kuinka poikkeavissa tilanteissa toimitaan. Ja, jos onnettomuus pääsee tapahtumaan, niin se on käsiteltävä yhdessä työntekijöiden kanssa, jotta vastaavat onnettomuudet voidaan jatkossa välttää.

4.6 Riskityöpajan toteuttaminen

Riskityöpajan tavoitteena oli laatia riskianalyysi tislauskolonnista sekä saada lähdemateriaalia tähän diplomityöhön. Riskityöpajaan kutsuttiin henkilöitä, joiden kokemuksista kolonnilla tiedettiin olevan hyötyä näiden tavoitteiden saavuttamiseksi.

Kokemukset tislauskolonnilta olivat opetustehtävistä. Jokaisella osallistujalla on ollut hieman erilaisia opiskelijalaboratorioharjoituksia ohjattavanaan. Riskityöpajaan osallistuneet henkilöt ymmärtävät tislausprosessin ammattitaitonsa sekä käyttökokemustensa ansiosta. Riskianalyysin apuna käytettiin tislauskolonnin PI-kaaviota, jota kaikki osallistujat osasivat lukea ja ymmärsivät sen sisällön.

Ongelmana oli löytää ajankohta riskityöpajan järjestämiselle, johon kaikki kutsutut pääsisivät osallistumaan. Valitettavasti kaikille sopivaa ajankohtaa ei löytynyt, minkä takia kaikki kutsutut henkilöt eivät päässeet osallistumaan riskityöpajaan. Lisäksi ongelmana oli rajallinen aika. Vastaavia tapaamisia olisi voinut järjestää useamman, jolloin myös riskianalyyseja olisi voinut toteuttaa useamman. Työntekijöiden rajallisen ajan, muiden työkiireiden ja resurssien vähäisyyden vuoksi muita tapaamisia ei pystytty järjestämään.

Riskianalyysistä saatiin kuitenkin paljon hyödyllistä informaatiota diplomityöhön. Jos tapaamisia olisi järjestetty enemmän, olisi todennäköisesti saatu suoritettua useampia riskianalyyseja.

4.7 Poikkeamatarkastelu

Poikkeamatarkastelun tavoitteena oli selvittää tislausprosessin poikkeamien aiheuttamat vaaratilanteet. Poikkeamatarkastelu toteutettiin riskityöpajassa henkilöiden kanssa, jotka ymmärtävät tislausprosessin ja erilaisten poikkeamien mahdolliset vaikutukset prosessin käyttäytymiseen. Lisäksi poikkeamatarkastelun tulokset käsiteltiin aiemmin tislauskolonnivastaavan kanssa ja analyysin tuloksiin tehtiin muutokset keskustelun pohjalta. Poikkeamatarkastelun tulokset ovat luotettavia. Tulokset ovat myös sellaisia kuin ennen tarkastelun toteutusta osattiin odottaa.

Poikkeamien aiheuttamat vaarat luokiteltiin analyysilomakkeisiin niiden suuruuden ja seurausten perusteella. Luokitteluluokat olivat:

- A = suuronnettomuusvaara
- B = vakava tai todennäköinen (ei suuronnettomuus) ja
- C = vähäinen vaara.

Prosessiin syntyvien poikkeamien aiheuttamista riskeistä mitään ei luokiteltu suuronnettomuusvaaraksi. Suurin osa löydettyistä vaaroista oli vähäisiä. Myös muutama vakava tai todennäköinen vaara löydettiin.

Poikkeamatarkastelussa prosessin poikkeamien aiheuttamista vaaratilanteista vakavia seurauksia on sillä, jos laitevian tai vuodon vuoksi hallin ilmaan vapautuu kuumaa höyryä ja kolonnin käyttäjä saa palovammoja sen vuoksi. Lisäksi käyttäjä voi polttaa itsensä kuumiin prosessin osiin, lämpötila nousee korkeammaksi prosessin paineen nou-

sun takia. Poikkeamatarkastelua tehtäessä työryhmässä keskusteltiin myös tulipalon aiheuttamasta vaaratilanteesta, jota ei tarkastella tarkemmin, sillä se ei ole prosessin poikkeama vaan prosessin ulkopuolinen uhka. Lisäksi keskusteltiin sähkökatkoon varautumisesta varavirransyötön tai paineakun avulla.

Poikkeamatarkastelussa löydettiin poikkeamien aiheuttamiin riskeihin on varauduttu tislaukskolonnilla hyvin. Toimenpide-ehdotuksia kehitettiin analyysin edetessä:

- Prosessin käyttäjän on tarkkailtava laitteistoa prosessin ajon aikana.
- Varoituskyltit ja huomautukset kuumista prosessin osista.

4.8 Työn turvallisuusanalyysi

Työn turvallisuusanalyysin tavoitteena oli selvittää, millaisia vaaroja liittyy työn suorittamiseen tislaukskolonnilla. Tarkastelun kohteena oli tislauksprosessin kuumana ajo ja analyysi suoritettiin yhdessä aiemman tislaukskolonnivastaavan kanssa. Työn turvallisuusanalyysia suoritettaessa apuna käytettiin työohjeita sekä tislaukskolonnivastaavan tietoja ja kokemuksia prosessin kuumana ajosta.

Prosessin kuumana ajo jaettiin kuuteen työvaiheeseen, joista jokaista tarkasteltiin erikseen. Suurimmat vaaroihin liittyvät riskit, joita analyysin avulla löydettiin, olivat suuruudeltaan kohtalaisia.

Suuruudeltaan kohtalaiset riskit liittyvät kaikki prosessissa olevaan kuumaan höyryyn ja prosessin kuumaan lämpötilaan. Analyysia tehtäessä selvisi, että ehdottomasti pahimmat seuraukset olisivat sillä, jos höyrykattilan käsiventtiili rikkoutuisi. Käsiventtiilin asentoa muutetaan käynnistettäessä ja sammutettaessa prosessia. Jos käsiventtiili rikkoutuu, sen asentoa muuttanut henkilö voisi saada sieltä vapautuvan kuuman höyryn päälleen. Tästä voi seurata vakavia palovammoja uhrille. Vastaava palovammavaara on, jos prosessissa tulee jokin muu mekaaninen rikkoutuminen ja kuumaa prosessihöyryä pääsee vapautumaan hallin ilmaan ja käyttäjä altistuu prosessin kuumalle höyrylle. Prosessia ei ole eristetty eikä siihen ole rakennettu erillisiä suojauksia, jotta opiskelijat näkevät helposti, millaisia prosessiosia ja laitteita prosessissa on. Tämän vuoksi on kuitenkin vaara, että opiskelijat tai muut tislaukskolonnin käyttäjät voivat polttaa itsensä kuumiin prosessin osiin. Tällä hetkellä kuumista prosessin osista on varoitettu erillisten varoituskylttien avulla. Lisäsuojauksia voidaan rakentaa, jos ne eivät estä opiskelijoita näkemästä tärkeitä prosessin osia. Tislaukskolonnista vastuussa oleva henkilö, eli laitosjohtaja, päättää, ovatko varoituskyltit riittävät vai pitääkö prosessiin rakentaa lisäsuojaukset.

Työn turvallisuusanalyysin avulla löydetty vähäiset riskit liittyvät prosessilaitteisiin tai työohjeiden laiminlyöntiin. Näiden riskien kohdalla prosessia ajavalla henkilöllä on suuri merkitys siihen, että vaaratilanteet voidaan välttää. Prosessia ajavan henkilön tulee seurata prosessia ja sen toimilaitteita jatkuvasti, lisäksi hänen on seurattava ja noudatettava prosessin ajo-ohjeita, jotta vaaratilanteilta välttyttäisiin. Työohjeissa oli myös selvitetty, miten yleisimmät virhetilanteet voidaan ratkaista ennen kuin suurempia ongelmia ilmenee. Yksi riski oli se, että ulkopuolinen henkilö voisi varastaa tisleakkuun jääneen

tisleen. Työohjeessa on muistutus, että akku tulee pumpata tyhjäksi prosessin kuumana ajon jälkeen.

Työn turvallisuusanalyysillä saavutettiin sille asetetut tavoitteet, sillä sen avulla löydettiin riskejä, jotka liittyvät prosessin kuumana ajon suorittamiseen. Analyysin tulokset ovat oikeita ja luotettavia, sillä analyysi toteutettiin aiemman tislauskolonnivastaavan kanssa, joka tietää ja ymmärtää kaikki prosessin kuumana ajoon liittyvät työvaiheet. Hänellä on kokemusta prosessin kuumana ajosta koko sen historian ajalta. Analyysi olisi ollut laajempi, jos siinä tarkasteltavat työvaiheet olisi jaettu yksityiskohtaisempiin työvaiheisiin. Nyt tarkastelussa keskityttiin prosessin käytön työvaiheisiin suurempina kokonaisuuksina, päävaiheina.

4.9 Potentiaalisten ongelmien analyysi

Riskityöpajassa toteutetun aivoriihen tuloksia käytettiin potentiaalisten ongelmien analyysin lähtökohtana. Potentiaalisten ongelmien analyysin tavoitteena oli löytää keskeisimmät ongelma-alueet tislauskolonniin sekä sen työympäristöön liittyen. Lisäksi aivoriihessä ideoitujen ongelmien avulla pyrittiin siihen, että analyysissä tarkasteltaisiin mahdollisimman monenlaisia ongelmia.

Potentiaalisten ongelmien analyysissä tutkittiin tislauskolonniin sekä sen työympäristöön liittyviä ongelmia, jotka ideoitiin aivoriihen avulla. Ideoidut ongelmat luokiteltiin ja tarkempaan analyysiin valittiin ongelmat, jotka edellyttävät jatkokäsittelyä. Ongelmien tarkempi analysointi ja arviointi osoitti, että useiden ongelmien taustalla voi olla sama tilanne tai syy, mikä ne aiheuttaa. Useimmissa ideoissa esiin nousi seuraavat syyt, jotka voivat aiheuttaa vaaraa tai ongelmia:

- epäsiisti työympäristö
- tietojen tai taitojen puute
- tietoa ei ole siirretty edellisiltä työntekijöiltä eteenpäin
- tulipalo tai muu kolonnin ulkopuolinen syy ja
- ulkopuolisen käyttäjän aiheuttama vaara.

Tärkeää on myös huomioida laitteiston kunto sekä ”vapaa pääsy” tislauskolonnin tiloihin.

Potentiaalisten ongelmien analyysin tuloksissa suurimmat riskit olivat kohtalaisia. Löydetyistä riskeistä suurin osa oli vähäisiä ja kohtalaisia riskejä, kun merkityksettömiä riskejä löytyi muutama. Analyysin avulla löydettyjen kohtalaisten ja vähäisten riskien syitä olivat:

- tislauskolonnin epäsiisti työympäristö
- käännösvirhe ajo-ohjeessa (ulkomaalaisille käyttäjille)
- hätä-seis-kytkimen puuttuminen
- kolonnin ulkopuolisen henkilön aiheuttama vaara/tulipalo/ilkivalta
- fyysisten työskentelytilojen muuttuminen
- tulipalo
- rikkinäiset kalusteet

- tieto ei ole siirtynyt työntekijöiden välillä
- kokemattomuus
- virhe prosessin toiminnassa
- ilkivalta ja
- huoltojen puute.

Epäsiistin työympäristön vuoksi tislauskolonnilla työskentelevät henkilöt voivat esimerkiksi kompastua lattialla oleviin johtoihin. Väärään paikkaan jätetyt tavarat voivat myös aiheuttaa tulipalon, jos ne ovat lähellä prosessin kuumia osia. Sotkuinen työympäristö vähentää myös viihtyvyyttä työskennellä tilassa. Rikkinäiset kalusteet huonontavat kolonnilla työskentelevien ergonomiaa ja viihtyvyyttä. Ne voivat aiheuttaa myös vaaratilanteen rikkoutuessaan. Ulkomaalaisille käyttäjille tehtyyn ajo-ohjekäännökseen jäänyt käännösvirhe voisi aiheuttaa vaaratilanteen kolonnilla. Työ- ja ajo-ohjeita jäljennettäessä sekä käännettäessä pitää kiinnittää erityistä huomiota, ettei niihin jää virheitä, joilla voi olla kohtalokkaita seurauksia. Tislauskolonnia käyttävät suomenkieliset työntekijät. Laboratorioharjoituksia on ainoastaan suomenkielisillä kursseilla, jos tislauskolonnille tulevaisuudessa tulee ulkomaalaisia käyttäjiä, on ajo-ohjeen käännös tehtävä huolella ja varmistettava sen virheettömyys.

Prosessista on poistettu hätä-seis-kytkin. Onnettomuuden uhatessa tai sattuesssa prosessin alasajo täytyy toteuttaa ajo-ohjeista löytyvien ohjeiden mukaisesti. Hätä-seis-kytkimen avulla voitaisiin varmistaa nopea prosessin alasajo onnettomuustilanteessa tai sellaisen uhatessa.

Tislauskolonnin yläkertaan on vapaa pääsy Tampereen teknillisen yliopiston aukioloaikojen ja kulkulupien puitteissa, minkä vuoksi ulkopuoliset henkilöt pääsevät tilaan. Ulkopuoliset käyttäjät voivat tehdä tiloissa ilkivaltaa: rikkoa laitteistoa, kalusteita tai varastaa tavaraa. Lisäksi automaatiojärjestelmän ristikytkentäkaappi on yläkerrassa, eikä sitä ole lukittu. Myös se voi joutua ilkivallan kohteeksi. Hallissa, jossa tislauskolonni sijaitsee, on myös muita käyttäjiä, jotka voivat käytöksellään aiheuttaa vaaratilanteen. Hallin käyttäjiä on syytä tiedottaa tislauskolonnista sekä turvallisesta tavasta toimia sen läheisyydessä. Jos tislausprosessin fyysistä ympäristöä muutetaan kiinnittämättä huomioita muutosten seurauksiin, voi olla, että työskentely muuttuu vaaralliseksi, esimerkiksi kuumien pintojen läheisyydessä työskenteleminen. Tislauskolonnin työympäristöön tehtäessä muutoksia on kiinnitettävä huomioita niiden seurauksiin. Jos hallissa sattuu tulipalo, tilassa säilytettävä etanoli sekä prosessissa oleva vesi-etanoliseos voimistavat tulipaloa ja seuraukset voivat olla tuhoisat.

Monen aivoriivessä syntyneen idean taustalla oli, ettei tietoa ole saatu siirtymään eteenpäin uusien ja vanhojen työntekijöiden välillä. Tislauskolonnivastaava on vaihtunut viime vuonna ja tällä hetkellä monen huolenaiheena on, ovatko kaikki tislauskolonniin liittyvät tärkeät tiedot ajan tasalla. Edellinen tislauskolonnivastaava ja nykyinen tislauskolonnivastaava ovat keskenään käyneet läpi tislauskolonniin liittyviä tietoja. Tiedot on samalla dokumentoitava selkeästi, jotta tiedot ovat kaikkien saatavilla, myös tulevaisuudessa. Jos tietoa ei ole dokumentoitu ja arkistoitu asianmukaisesti, se ei ole kaikkien saatavilla. Lisäksi riskinä pidetään sitä, että tislausprosessia ajaa henkilö, jolla

ei ole tarvittavia taitoja. Aiempi tislauskolonnivastaava on jättänyt ajo-ohjeet ja päivittänyt niitä selvemmiiksi. Aiempi tislauskolonnivastaava järjestää uudelle tislauskolonnivastaavalla sekä muille työntekijöille tilaisuuden, jossa harjoitellaan tislausprosessin ajoa sekä käydään siihen liittyviä asioita läpi.

Kokemattomat käyttäjät tislauskolonnilla voivat aiheuttaa vaaratilanteita. Tislausprosessin kuumana ajoa ei suorita muut kuin henkilö, jolla on siihen riittävät tiedot ja taidot. Jos prosessissa ilmenee joku virhe tai se käyttäytyy odottamattomalla tavalla, on käyttäjän osattava huomata se. Prosessin automaatiojärjestelmä ja sen hälytykset ilmoittavat prosessin poikkeavasta toiminnasta, joten on tärkeää, että käyttäjä seuraa valvomönäyttöä prosessin ajon aikana. Lisäksi prosessin ja prosessilaitteiden muu tarkkailu ajon aikana on tärkeää. Käyttäjän on myös reagoitava mahdollisiin poikkeamiin. Tislauskolonnille suoritetaan huoltoja vain tarvittaessa. Huoltoihin panostamalla varmistettaisiin laitteiston toimivuudesta ja siitä, ettei laiteviat estä prosessin käyttöä. Määräaikaishuolloilla ja -tarkastuksilla voitaisiin puuttua mahdollisiin laitevikoihin jo ennen kuin ne estävät koko prosessin käytön.

Toimenpide-ehdotuksia syntyi riskien estämiseksi ja vähentämiseksi. Työympäristön järjestykseen sekä ehjiin kalusteisiin tulisi kiinnittää huomiota. Työympäristöstä saataisiin jo pienillä muutoksilla viihtyisämpi sekä turvallisempi. Muutokset eivät myöskään vaadi suuria investointeja. Työympäristössä ei kuulu säilyttää sinne kuulumattomia tavaroita ja siellä säilytettävälle tavaroille tulisi määritellä omat paikat, johon ne aina käytön jälkeen palautettaisiin. Sijoittamalla lattialla olevat johdot sekä kalusteet paremmin voidaan välttää, ettei niihin kompastuta. Ehjät kalusteet lisäävät työturvallisuutta sekä viihtyvyyttä. Ne parantavat myös tislauskolonnin työympäristön yleisilmettä. Tislauskolonnilla on merkitty kuumat pinnat erityisin varoituskyltein. Jos fyysistä ympäristöä joskus muutetaan niin, että kuumiin prosessin osiin voi polttaa itsensä, on syytä arvioida mahdollisten suojausten tarpeellisuutta. Tulipaloon hallissa on varauduttu sprinklerein, jotka käynnistyvät automaattisesti tulipalon sattuessa. Myös automaattinen hälytys siirtyy palokunnalle tulipalon sattuessa. Palokuntaa on informoitava tislauskolonnilla olevasta etanolista.

Automaatiojärjestelmän ristikytkentäkaappiin voidaan asentaa lukko, jolla estetään etteivät ulkopuoliset pääse käsiksi kaapin kytkentöihin. Tietokone vaatii kirjautumisen yhteydessä salasanan, jota ei saa antaa ulkopuolisille tai jättää tilaan esille. Tilan kulunvalvonta on heikkoa. Tilaan pääsyä voitaisiin rajoittaa kulkuluvan avulla, näin voitaisiin poistaa miltei kokonaan ilkivallan riski. Ja jos jotain ilkivaltaa tehtäisiin, tilaa käyttäneet henkilöt olisi mahdollistaa selvittää. Tislauskolonnilla sattuneista läheltä piti -tilanteista, onnettomuuksista sekä muista käyttökokemuksista olisi hyvä dokumentoida. Näin varmistettaisiin tiedon kulku ja säilyminen. Ilman dokumentteja on vaara, että niin sanottu hiljainen tieto häviää. Ajan tasalla olevan dokumentoinnin ansiosta varmistuttaisiin myös siitä, että tieto on kaikkien tärkeiden henkilöiden saatavilla ja käytettävissä.

Potentiaalisten ongelmien analyysin toteutus onnistui ja siinä esiin tulleet asiat ja tulokset olivat odotettuja. Tulokset ovat käyttökelpoisia ja niiden avulla voidaan tislauskolonnia sekä sen työympäristöä kehittää paremmaksi. Erityisen tärkeä tulos on, että

potentiaalisten ongelmien analyysin tuloksissa on selvä ristiriita aiempiin haastattelutuloksiin. Haastatteluissa nousi esille, etteivät haastateltavat koe erillistä turvallisuuskoulutusta tarpeelliseksi, koska he tuntevat vastaavia prosesseja. Potentiaalisten ongelmien analyysi kuitenkin osoittaa, että tislausprosessia käyttävien henkilöiden tietojen ja taitojen puute voi aiheuttaa vaaratilanteen. Käyttäjän on myös huomattava ja osattava toimia oikein, jos prosessissa ilmenee virhe tai se käyttäytyy odottamattomalla tavalla. Tämä on erittäin tärkeä tulos ja osoittaa, että työhön perehdytykseen on kiinnitettävä huomiota ja sitä on kehitettävä.

4.10 Työympäristön riskinarviointi

Työympäristön riskinarvioinnin tavoitteena oli selvittää työympäristöön liittyvät riskit. Sen sekä aiempien riskianalyysien tulosten perusteella valitaan sopivat kehityskohteet ja laaditaan toimintasuunnitelma niiden toteuttamiseksi. Työn edetessä työympäristöstä on saatu laajasti mielipiteitä ja käyttökokemuksia sekä luotu käsitys, mitä tilalta odotetaan. Näiden lisäksi työympäristön riskien tunnistamisen apuna on käytetty laboratorioharjoitusohjeita, muiden riskianalyysien tuloksia sekä Automaation turvallisuus -kurssilla suoritettujen riskianalyysien tuloksia.

Tunnistetut riskit saivat suuruudeltaan suurimmillaan arvon ”merkittävä riski”. Tunnistettujen riskien seurauksista osalla oli vakavia seurauksia. Pahimmillaan riskin toteutuminen voi johtaa jopa kuolemaan tai vakavaan loukkaantumiseen. Suurin osa riskeistä on kuitenkin vähäisiä tai kohtalaisia ja niiden seuraukset ovat joko vähäisiä tai haitallisia.

Löydetyt riskit, joiden seuraukset ovat pahimmillaan vakavia, olivat tulipalo sekä sähköiskuvaara. Tulipalon sattuessa seuraukset voivat olla vakavat, jopa kuolemaan johtavia. Sähköiskuvaara on olemassa käytettäessä vanhoja laitteita, laitteiden oikosulku-tilanteissa sekä riviliittimissä esillä olevien 230V osiin koskemisessa. Sähköiskun saaminen voi johtaa pahimmillaan kuolemaan.

Merkittävien ja kohtalaisten riskien aiheuttajia ovat: rikkinäiset kalusteet, tilan epäjärjestys, tavaroiden lojuminen väärissä paikoissa, kuumat prosessin pinnat, kulunvalvonnan puute, ilkivalta sekä ritilän toimiminen lattiana. Rikkinäiset kalusteet, tilan epäjärjestys sekä tavaroiden lojuminen aiheuttavat muun muassa kompastumisvaaran. Lisäksi niiden takia tilassa työskentelevien työviihtyvyys kärsii ja ne saattavat olla tulipalon sattuessa sammutuksen tai evakuoinnin esteenä. Ylimääräinen tavara tislaukskolonnilla lisää myös tulipalon sattuessa palomassaa ja voimistaa näin tulipaloa. Tislaukskolonnilla työskentelevät henkilöt voivat polttaa itsensä prosessin kuumiin osiin ja saada palovammoja. Jos kuumien osien päälle lasketaan syttyvää materiaalia, voi siitä aiheutua tulipalo. Tislaukskolonnilla ei ole kulunvalvontaa, mikä lisää ilkivallan mahdollisuutta. Tislaukskolonnille on helppo halutessaan tehdä ilkivaltaa, sillä siellä kulkua ei valvota. Ovet ovat auki, joten myös yliopiston ulkopuolisilla henkilöillä on pääsy tilaan. Tislaukskolonnin alakerta on lukittu ja suojattu häkillä. Tislaukskolonnin yläkerrassa ritilä

toimii lattiana pienellä alueella. Jos ritilässä olevaan reikään tippuu esimerkiksi kalusteen jalka, on mahdollisuus, että käyttäjä loukkaa itsensä tai syntyy laitevahinkoja.

Työympäristöstä löydettiin myös merkityksettömiä ja vähäisiä riskejä, jotka on kuitenkin hyvä mainita, koska pienten toimenpiteiden avulla ne voidaan poistaa kokonaan. Merkityksettömiä ja vähäisiä riskejä olivat: melu, vanhat laitteet sekä portaat. Tislauskolonnin työympäristö on osa laboratoriohallia, joten tilassa voi olla muiden käyttäjien aiheuttamaa melua. Myös tislausprosessi itsessään aiheuttaa kovaa ääntä, joka on todettu häiritseväksi varsinkin alakerrassa. Lattiassa olevan aukon takia ääni kantautuu myös yläkertaan, jossa opetus tapahtuu. Melun takia keskittyminen voi häiriintyä ja työympäristössä työskentelevät joutuvat korottamaan ääntään. Kerrosten välinen aukko voidaan peittää tai suojata niin, että melu ei kantaudu kerrosten välillä.

Opetuksessa käytetään vanhaa tietokonetta, jossa on pieni näyttö. Näyttö suositellaan vaihtamaan suurempaan. Tilassa voisi olla myös käytössä projektori, jonka avulla kuva heijastettaisiin isommalle kankaalle, mistä opiskelijoiden olisi helpompi seurata opetuksen kulkua.

Myös prosessissa olevat toimilaitteet ovat jo vanhoja ja ne voivat rikkoutua, mikä pahimmassa tapauksessa estää tislausprosessin käytön. Käyttäjät joutuvat kulkemaan ylä- ja alakerran väliä, joten portaissa voi tapahtua tapaturma. Käyttäjät ovat aikuisia ja heidän oletetaan osaavan kulkea portaissa rauhallisesti.

Riskien tunnistamisen jälkeen tarkasteltiin, kuinka vaaroihin on varauduttu ja onko varautuminen riittävää. Jos varautuminen ei riittänyt pienentämään riskiä, kehiteltiin parannustoimenpide-ehdotuksia. Tulipalon sattuessa laboratoriohallissa on sammuttimet ja automaattinen paloilmoitus hälyttää palokunnan paikalle. Riviliitin pitää koteloida muovilla, jotta sitä koskiessa ei ole riskiä saada sähköiskua. Vanhojen sähkölaitteiden vaihtamista uusiin on syytä harkita, jotta varmistetaan niiden käyttövarmuus sekä turvallisuus. Kaikkia sähkölaitteita tulee käyttää ohjeiden mukaisesti, jotta vältetään vaaratilanteilta.

Siivoamalla, järjestelemällä ja panostamalla uusiin, ehjiin kalusteisiin parannetaan huomattavasti työympäristön turvallisuutta sekä viihtyvyyttä. Pienillä muutoksilla työympäristöstä saataisiin myös toimivampi. Tilaan varastoidut dokumentit ja tavarat on käytävä läpi ja niistä on hävitettävä ne, joita ei enää tarvita. Tila on myös järjesteltävä niin, että jokaiselle tavaralle on oma paikkansa. Koska tila on ahdas, kalusteet voisivat olla mahdollisimman yksinkertaisia ja sellaisia, jotka voidaan helposti siirtää sivuun, kun niitä ei tarvita. Sähköjohdot tulee siirtää niin, etteivät ne ole keskellä tilan lattiaa ja aiheuta näin kompastumisvaaraa. Tavarat ja kalusteet on sijoitettava niin, etteivät ne ole kulkureittien esteenä.

Prosessia ei ole eristetty, jotta sitä käyttävät näkevät prosessilaitteet. Käyttäjä voi polttaa itsensä kuumiin prosessin osiin eristeiden puuttumisen vuoksi. Prosessin kuumista putkista ja pinnoista on varoitettu varoituskylteillä. Tilaan voidaan rakentaa myös suojauksia, esimerkiksi suojaseinä tai pleksilasi, jos palovammoja esiintyy usein tai tislauskolonnista vastuussa oleva laitosjohtaja kokee, että ne ovat tarpeen.

Tislauskolonnilla ei ole erillistä kulunvalvontaa. Yläkertaan pääsee kuka tahansa Tampereen teknillisen yliopiston kulkulupien puitteissa, myös yliopiston ulkopuolisilla on mahdollisuus päästä tilaan yliopiston ovien ollessa auki. Alakerta on lukittu tila, myös yläkertaan pääsyä olisi syytä rajoittaa. Yläkerta voitaisiin rajata ja kulku sallia opiskelija- tai henkilökorttiin liitettävällä kulkuluvalla. Tällöin myös sermit pitäisi vaihtaa uusiin, esimerkiksi lattiaan pultattaviin väliseiniin.

Työympäristön riskinarviointi onnistui hyvin. Löydettyihin riskeihin voidaan vaikuttaa pienillä toimenpiteillä ja niiden toteuttaminen on erittäin suositeltavaa tilan kehittämisen kannalta. Työympäristön riskinarvioinnissa nousi esiin paljon samoja asioita kuin potentiaalisten ongelmien analyysissa. Tämä ei ole kuitenkaan huono asia, vaan korostaa näiden asioiden tärkeyttä ja sitä, että niihin on syytä kiinnittää huomiota sekä kehittää niitä.

4.11 Kehityskohteiden valinta ja toimintasuunnitelman laatiminen

Kehityskohteiksi valittiin tapaukset, joita pitää parantaa tai joihin pitää puuttua, jotta tislauskolonni ja sen työympäristö vastaavat paremmin niille asetettuja vaatimuksia ja odotuksia. Näille kehityskohteille päätettiin suoritettavat toimenpiteet ja toimenpiteille laadittiin toimintasuunnitelma. Toimintasuunnitelmassa on esitetty, mitä toimenpiteitä tehdään ja missä ajassa nämä tulee suorittaa. Systeemitekniikan laitoksen laitosjohtajalla on vastuu tislauskolonnista. Hän tekee lopulliset päätökset, mitä toimenpiteitä suoritetaan ja minkälaisella aikataululla.

Ensimmäisenä toimenpiteenä on tislauskolonnin tilan siivous ja uudelleen järjestely. Tilan järjestelyyn voidaan pyytää apua tilapalveluilta. Avuksi suunnitelman toteuttamiseen voidaan pyytää arkkitehtiä. Tilassa olevat tavarat ja dokumentit on käytävä läpi ja sinne kuulumattomat tavarat on siirrettävä muualle säilytykseen tai hävitettävä, jos ne ovat tarpeettomia. Siivoamisen yhteydessä on poistettava käytöstä rikkiäiset kalusteet ja tehtävä hankitalista uusista kalusteista sekä hankkia ne. Kalusteita valittaessa on syytä kiinnittää huomiota siihen, että kalusteet eivät ole liian isoja ja että ne voidaan esimerkiksi siirtää sivuun, kun niitä ei tarvita. Tuolit voivat olla esimerkiksi sellaisia, että ne voidaan koota päällekkäin säilytykseen. Näin ne saadaan sivuun, kun ne eivät ole käytössä, eivätkä ne vie tilaa jo valmiiksi ahtaassa työympäristössä. Tislauskolonnilla siivottaessa on myös päätettävä jokaiselle tavaralle oma paikkansa, johon ne käytön jälkeen palautetaan. Näin työympäristö pysyy siistinä jatkossakin. Uudet kalusteet järjestellään tilaan suunnitelman mukaisesti.

Opetukseen käytettävään tietokoneeseen on toivottavaa vaihtaa uusi, suurempi näyttö. Näin opiskelijoiden on helpompi seurata siinä tapahtuvan opetuksen sekä harjoitusten kulkua. Opetusryhmät voivat olla suuria ja pieneltä näytöltä opetuksen seuraaminen on hankalaa. Myös projektorin ja heijastuskankaan hankintaa on syytä harkita. Tilaan kannattaa hankkia myös muita opetusta tukevia välineitä, esimerkiksi tussitaulu.

Tislauskolonnilla työskenteleville henkilöille ei anneta erillistä turvallisuuskoulutusta tai tietoa etanolin vaikutuksista tai ominaisuuksista. Systeemiteknikan laitos voisi kuitenkin laatia lyhyen tiedotteen, jossa kerrotaan etanolin ominaisuuksista sekä haitallisista vaikutuksista. Tiedotteessa olisi hyvä esitellä myös turvallisen työskentelyn perusteet. Nämä ohjeet voisivat olla esimerkiksi tislausprosessin käyttö- ja ajo-ohjeiden yhteydessä. Näin ne tulisivat automaattisesti kaikkien prosessia ajavien saataville. Työturvallisuuslaissa (738/2002) määrätään, että työnantajan on annettava riittävät tiedot työpaikan haitta- ja vaaratekijöistä sekä huolehdittava, että työntekijän ammatillinen osaaminen ja työkokemus huomioon ottaen työntekijä perehdytetään riittävästi työhön, mukaan lukien työmenetelmiin sekä työvälineiden oikeaan ja turvalliseen käyttöön. Työnantajan on myös lain mukaan annettava työntekijälle opetusta ja ohjausta vaarojen estämiseksi sekä terveyttä tai turvallisuutta uhkaavien vaarojen välttämiseksi. Työnantajan vastuulla on myös työntekijän täydennyskoulutus.

Riviliittimissä on esillä 230V osia, jotka on koteloitava välittömästi sähköiskuvaaran poistamiseksi. Suojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi muovisilla koteloidilla.

Kerrosten välillä olevan aukon ja ritilän peittäminen vähentäisi yläkertaan kantautuvaa melua, joka aiheutuu prosessin osista kuumana ajon aikana. Ritilä on peitettävä, jotta poistetaan riski siitä, että esimerkiksi kalusteen jalka ”tipahtaa” ritilän reikään. Ylä- ja alakerran välillä oleva aukko voidaan kattaa esimerkiksi pleksillä. Ritilä voidaan kattaa esimerkiksi ohuella vanerilevyllä tai se voidaan vaihtaa kokonaan muuhun ratkaisuun. Ritilän peittäminen on halvin, helpoin ja nopein toteuttaa.

Myös yläkerta olisi saatava rajattua ulkopuolisten käytöstä. Kulunvalvonnan avulla voidaan vaikuttaa siihen, ketkä tilaan pääsevät. Lisäksi kulunvalvontajärjestelmän ansiosta voidaan selvittää, ketkä ovat olleet tilassa, jos siellä on tapahtunut jotain ei-toivottavaa. Tislauskolonnin kulunvalvonta vaatii todennäköisesti suurempia kustannuksia, joten siihen liittyvät kustannukset ja rahoitus tulee selvittää. Suunnittelun apuna saatetaan joutua käyttämään myös arkkitehtien sekä muiden suunnittelijoiden apua.

Tislausprosessiin liittyvän hiljaisen tiedon siirtyminen eteenpäin on varmistettava ajantasaisella dokumentoinnilla. Edellisen tislauskolonnivastaavan jäätyä pois on ollut huoli, siirtyvätkö kaikki tärkeät tiedot uusille työntekijöille. Tiedon siirtymisestä on jo osittain huolehdittu. Työntekijät ovat järjestäneet tilaisuuksia, joissa on käsitelty tislausprosessiin liittyviä asioita. Myöhemmin järjestetään vielä tilaisuus, jossa käsitellään tislausprosessin ajo. Aiemman tislauskolonnivastaavan tietojen siirtämistä eteenpäin on jatkettava ja tislausprosessin kuumana ajon läpikäyminen tulee suorittaa ennen ensi syksyä ja opetuksen jatkumista. Nämä ovat tärkeitä tilaisuuksia myös työhön perehdyttämisen ja opastamisen kannalta, jotta jatkossa uusien työntekijöiden perehdytys on riittävää ja he saavat kaikki tärkeät tiedot tislausprosessiin liittyen. Perehdyttämisellä varmistetaan, että työntekijät tietävät prosessiin liittyvät riskit ja osaavat käyttää prosessia turvallisesti. Perehdytyksessä on hyvä kertoa myös etanolin ominaisuuksista sekä ohjeet sen asianmukaiseen säilyttämiseen. Perehdyttämisen toteuttamiseksi työnantajan on laadittava tarkka suunnitelma.

Prosessista on hyvin vähän dokumentaatiota, joka vähentää osaltaan tiedonkulkua. Jatkossa tislauskolonnilla on syytä huolehtia riittävästä dokumentoinnista sekä siitä, että tiedot ovat kaikkien niitä tarvitsevien saatavilla. Jatkossa on dokumentoitava tislausprosessien vikatilanteet, läheltä piti - sekä onnettomuustilanteet, prosessille suoritettut huollot sekä sinne suoritettut tarkastukset ja tehdyt muutokset. Dokumentaatio on tallennettava niin, että sen ylläpito on helppoa ja se on saatavilla kaikille, jotka sitä tarvitsevat. Systeemitekniikan laitoksen on päätettävä tislauskolonniin liittyvän dokumentoinnin menetelmä, jolla dokumentointia jatkossa toteutetaan. Sähköisten dokumenttien muokkaaminen ja jakaminen työntekijöiden kesken on helppoa.

Tulevaisuudessa tislauskolonnilla saatetaan suorittaa laboratorioharjoituksia siten, että opiskelijat suorittavat ne keskenään. Jos tällaisia omatoimisia laboratorioharjoituksia tulee, on varmistettava riittävästä ohjeistuksesta. Jos opiskelijat pääsevät alakertaan, on höyrykattilaan asennettava sähkönsyötön lukitus väärinkäyttöjen estämiseksi.

4.12 Työturvallisuusohjeet tislauskolonnia käyttäville opiskelijoille

Työturvallisuusohjeiden tavoitteena on varmistaa, että opiskelijat tietävät, miten työskennellä turvallisesti tislauskolonnilla. Lisäksi ohjeille asetettiin tavoite, että ne ovat tarpeeksi selkeät ja lyhyet, jotta opiskelijat jaksavat tutustua niihin. Työturvallisuusohjeiden lisäksi opiskelijoiden on noudatettava laboratorioharjoitusten ohjaajien ohjeita. Valmiit ja lopullisessa muodossa olevat työturvallisuusohjeet löytyvät liitteistä 4 ja 5.

Työturvallisuusohjeissa, jotka on laadittu laboratorioharjoituksiin, missä ei ole tislausprosessin kuumana ajoa, painotetaan siisteyden merkitystä. Opiskelijoiden toivotaan jättävän laboratoriotilat yhtä siistiin kuntoon kuin tilat olivat ennen laboratorioharjoitusten alkua. Laboratorioharjoituksissa tutustutaan tislauskolonnin laitteistoon ja opiskelijat joutuvat kulkemaan ylä- ja alakerran väliä. Turvallisuusohjeissa huomautetaan varovaisesta siirtymisestä portaissa. Työturvallisuusohjeissa on myös erillinen informaatio prosessissa käytettävästä kemikaalista, vaikkei opiskelijat sitä laboratorioharjoitusten aikana käsittelekään. Opiskelijoiden on hyvä kuitenkin ymmärtää, minkälaisia vaikutuksia ja seurauksia vaarallisten kemikaalien käytöllä voi olla.

Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonnilla opiskelijoiden ei tarvitse käyttää erillisiä henkilösuojaimia. Henkilösuojaimia ei tarvitse käyttää, koska prosessi on suljettu, eikä vaarallista kemikaalia käsitellä laboratorioharjoitusten aikana.

Työturvallisuusohjeissa on ohjeet, kuinka mahdollisissa hätätilanteissa tulee toimia. Työturvallisuusohjeissa on kartta, josta selviää kokoontumispaikka evakointitilanteessa. Sähkötalon kokoontumispaikkana toimii Tietotalon takana oleva pysäköintialue.

Laboratorioharjoituksiin, jossa on tislausprosessin kuumana ajoa, tehdyissä työturvallisuusohjeissa kiinnitettiin huomiota aiempien ohjeiden lisäksi myös prosessin korkeiden lämpötilojen vaikutuksiin. Vaikka laboratorioharjoitusten vetäjällä on vastuu varoittaa prosessin kuumista osista, on niistä vielä maininta työturvallisuusohjeissa.

Molempien työturvallisuusohjeiden sisältö on esitetty selkeästi ja yksinkertaisesti. Osa työturvallisuusohjeiden asioista on itsestään selviä. Työturvallisuusohjeet ovat varsin yksinkertaiset, sillä laboratorioharjoituksissa opiskelijat ensisijaisesti seuraavat harjoitusten ohjaajan työskentelyä kuin itse tekevät sitä. Varoitusten ja ohjeiden lisäksi työturvallisuusohjeissa on kehoitus, että opiskelijoiden on kerrottava henkilökunnalle, mikäli huomaavat tislaukskolonnilla jotain poikkeavaa. Jo opiskeluaikoina turvalliseen työskentelyyn oppineet opiskelijat osaavan työskennellä myös tulevaisuudessa turvallisesti.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Diplomityön tavoitteena oli tunnistaa tislauskolonnin käyttöön liittyvät vaarat ja mahdolliset onnettomuudet sekä laatia työturvallisuusohjeet tislauskolonnilla työskenteleville opiskelijoille. Diplomityössä tunnistettiin tislausprosessiin sekä sen työympäristöön liittyvät riskit useamman riskianalyysimenetelmän sekä työntekijöiden haastatteluiden avulla. Opiskelijoiden työturvallisuusohjeet laadittiin riskianalyysitulosten sekä laboratorioharjoitusohjeiden avulla.

Diplomityössä löydettiin ratkaisut diplomityölle asetetuille tavoitteille: toteutettujen riskianalyysien avulla löydettiin prosessiin ja työympäristöön liittyvät riskit sekä työn aikana laadittiin työturvallisuusohjeet tislauskolonnilla työskenteleville opiskelijoille. Näiden lisäksi löydetyille riskeille kehiteltiin toimenpide-ehdotuksia. Diplomityössä on myös valittu kehityskohteet ja esitetty toimenpidesuunnitelma, jonka mukaan toimenpiteet voidaan toteuttaa kehitystä tarvitseviin kohteisiin. Näiden toimenpiteiden avulla prosessista ja työympäristöstä saadaan turvallisempi.

Toteutettujen riskianalyysien ja haastattelujen avulla keskeisimmät tulokset, joita diplomityössä löydettiin, ovat: tarve kehittää työ- ja oppimisympäristöä, edellisen tislauskolonnivastaavan tietojen dokumentointi ja siirtäminen eteenpäin muille työntekijöille, hiljaisen tiedon dokumentointi sekä työntekijöiden riittävä perehdytys ja opastus turvalliseen työskentelyyn tislauskolonnilla. Näiden lisäksi ehdotettiin toteutettavaksi toimenpiteitä, joilla voidaan poistaa sähköiskuvaara, vähentää prosessista aiheutuvaa melua sekä parantaa tislausprosessin työympäristön kulunvalvontaa.

Riskityöpaja toteutettiin erikseen valitun ja kootun työryhmän kesken. Siellä toteutettiin osa poikkeamatarkastelusta sekä aivorihi, jonka tuloksia käytettiin potentiaalisten ongelmien analyysin pohjana. Poikkeamatarkastelu toteutettiin Systeemiteknikan laitoksen tislauskolonnin tislausprosessin poikkeamien etsimisen osalta. Aiempi tislauskolonnivastaava ei päässyt osallistumaan toteutettuun riskityöpajaan. Se, että hän ei ollut paikalla, ei vaikuttanut poikkeamatarkastelun tuloksiin, sillä muut analyysin toteuttamiseen osallistuneet henkilöt ymmärsivät ammattitaitonsa sekä käyttökokemuksiensa ansiosta tislausprosessin. He osasivat myös arvioida mahdollisten poikkeamien vaikutuksia prosessin käyttäytymiseen. Poikkeamatarkastelun tulokset esiteltiin myös aiemalle tislauskolonnivastaavalle erillisessä tapaamisessa, eikä hän löytänyt tuloksista huomautettavaa.

Riskityöpajassa toteutetussa aivoriihessä ideoitiin ongelmia, jotka liittyvät tislauskolonniin sekä sen työympäristöön. Erilaisia ideoita syntyi paljon tislauskolonniin sekä sen työympäristöön liittyvistä riskeistä ja vaaratilanteista. Vaikka erilaisia ideoita syntyi paljon, niin potentiaalisten ongelmien analyysissa onnistuttiin tunnistamaan keskeisim-

mät ongelma-alueet. Keskeisimpien ongelmien tunnistaminen onnistui riskien suuruuden ja niiden merkityksen arvioinnin avulla.

Riskityöpajan toteuttamiseen liittyen ongelmana oli myös toteutukseen annettu rajallinen aika. Koska aikaa ei ollut riittävästi suorittaa koko poikkeamatarkastelua riskityöpajassa, niin siellä suoritettiin siitä vain osa. Riskityöpajassa etsittiin tislusprosessiin liittyvät poikkeamat ja niiden syyt. Riskityöpajan jälkeen toteutettiin poikkeamatarkastelu loppuun. Prosessiin liittyvien poikkeamien ja niiden syiden etsiminen vaati prosessin ymmärtämistä, jonka takia ne toteutettiin riskityöpajassa. Poikkeamatarkastelun viimeistelyyn ei tarvittu yhtä laajaa teknistä ymmärrystä prosessista ja poikkeamatarkastelun viimeistely onnistui hyvin, eikä aiempi tislauskolonnivastaava löytänyt sen tuloksista huomautettavaa.

Haastatteluissa selvisi, että tislauskolonnin historian aikana sen prosessin ajon aikana ei ole tapahtunut yhtään onnettomuutta. Haastateltavat kertoivat, ettei tislauskolonnilla työskenteleville työntekijöille järjestetä erillistä turvallisuuskoulutusta, eikä sitä koeta tarpeelliseksi. Kuitenkin potentiaalisten ongelmien analyysissa esiin nousi, että käyttäjän tietojen ja taitojen puute voi aiheuttaa vaaratilanteen. Ehkä se, ettei tislauskolonnilla ole sattunut onnettomuuksia, lisää haastateltavien tunnetta siitä, ettei prosessiin myöskään liittyisi riskejä, eikä erillinen turvallisuuskoulutus näin olisi tarpeen. Potentiaalisten ongelmien analyysin tulokset osoittivat kuitenkin ristiriidan haastattelutuloksiin ja se osoittaa, että työntekijöiden perehdyttäminen ja työhön opastaminen on tärkeää ja sitä on kehitettävä.

Työn turvallisuusanalyysi toteutettiin aiemman tislauskolonnivastaavan kanssa. Aiemmalla tislauskolonnivastaavalla on paljon kokemusta tislauskolonnilla työskentelystä, sillä hän on työskennellyt siellä tislauskolonnin valmistumisesta lähtien. Hän on osallistunut myös tislusprosessin kehitystöihin. Työn turvallisuusanalyysin tulokset ovat luotettavia, koska se suoritettiin henkilön kanssa, joka tietää kaikki työvaiheet, joita prosessin kuumana ajoon liittyy. Aiempi tislauskolonnivastaava tietää myös, miten työvaiheet suoritetaan ja millaisia riskejä työvaiheisiin liittyy. Työvaiheiden yksityiskohtaisempi jakaminen ei olisi muuttanut analyysin tuloksia, se olisi tehnyt analyysistä vain laajemmän.

Työympäristön riskinarvioinnin apuna käytettiin laboratorioharjoitusohjeita, aikaisempien riskianalyysien tuloksia sekä Automaation turvallisuus –kurssilla suoritettujen riskianalyysien tuloksia. Työympäristön riskinarvioinnin tulokset olivat odotettuja kaikkien kerättyjen käyttökokemusten ja aikaisempien riskianalyysien vuoksi. Työympäristön riskianalyysissa nousi esille paljon samoja asioita kuin potentiaalisten ongelmien analyysissa. Työympäristön riskinarviointi onnistui hyvin, koska siinä nousi esille samoja asioita kuin aiemmissa riskianalyyseissa oli tunnistettu. Työympäristön riskinarvioinnissa tarkasteltiin riskejä myös laaja-alaisesti ja erilaiset tapaukset otettiin hyvin huomioon.

Kehityskohteet valittiin tislauskolonniin sekä sen työympäristöön toteutettujen riskianalyysien tulosten perusteella. Näille kehityskohteille laadittiin myös toimintasuunnitelma. Toimintasuunnitelman toteuttaminen on laitosjohtajan vastuulla ja hän tekee lo-

pullisen päätöksen, ovatko ehdotetut toimenpiteet riittäviä. Hänen vastuullaan on myös arvioida toimenpiteiden vaikutus ja se, hyväksytäänkö mahdolliset toimenpiteiden jälkeiset jäännösriskit.

Tislauskolonnilla ei ole ennen ollut käytössä työturvallisuusohjeita siellä työskenteleville opiskelijoille. Työturvallisuusohjeiden laatimisen tukena käytettiin riskianalyysien tuloksia, opiskelijoiden sekä laboratorioharjoituksen ohjaajan laboratorioharjoitusohjeita sekä haastatteluiden tuloksia. Työturvallisuusohjeista onnistuttiin laatimaan selkeät ja helposti ymmärrettävät. Ne suositellaan liitettäväksi osaksi laboratorioharjoitusohjeita, jotta jokainen opiskelija saa ne käyttöönsä. Koska työturvallisuusohjeet ovat selkeät ja ytimekkäät, niin opiskelijat jaksavat tutustua niihin ja ymmärtävät helposti niiden sisällön. Työturvallisuusohjeissa on kiinnitetty huomiota kriittisiin toimintoihin ja asioihin, koska niiden tukena käytettiin riskianalyysien tuloksia.

Tislauskolonniin liittyvä dokumentointi on ollut erittäin vähäistä. Löydetyistä dokumenteista ei löytynyt tietoa, että tislauskolonnille tai sen työympäristölle olisi aiemmin suoritettu riskianalyysia. Tämän vuoksi Systeemitekniikan laitoksella ei ole aiempia tuloksia, joihin tämän diplomityön tuloksia voitaisiin verrata. Automaation turvallisuus-kurssin opiskelijat ovat sen sijaan toteuttaneet kurssin harjoitustyönä riskianalyysin Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonnista sekä Sähkötalon F-hallista. Harjoitustöinä toteutetuissa riskianalyyseissa osa löydetyistä riskeistä on ollut samoja kuin tässä diplomityössä löydetty. Erityisesti työympäristön siisteys, ilkivalta, kulunvalvonta sekä paloturvallisuus on noussut esiin myös harjoitustöissä.

Diplomityössä laadittiin Systeemitekniikan laitokselle työturvallisuusohjeet tislauskolonnilla työskenteleville opiskelijoille. Vastaavia työturvallisuusohjeita ei ole ennen ollut. Koska Systeemitekniikan laitos ei ole aiemmin toteuttanut riskianalyysia tislauskolonnille tai sen työympäristölle, se sai diplomityön tulosten ansiosta tietoonsa millaisia riskejä prosessiin ja työympäristöön liittyy.

Jatkossa Systeemitekniikan laitoksen on dokumentoitava tislauskolonniin sekä sen työympäristöön liittyvät tiedot paremmin. Dokumentaation avulla parannetaan tiedon kulkua ja sitä, ettei hiljainen tieto katoa käytöstä. Systeemitekniikan laitoksen on syytä kehittää tislauskolonnin työympäristöä vastaamaan paremmin sille asetettuihin vaatimuksiin. Tislauskolonnista vastuussa olevan henkilön, laitosohtajan, on laadittava toimenpidesuunnitelma ja päätettävä vastuuhenkilöt toimenpiteiden toteuttamiselle. Tämän diplomityön tuloksissa on esitetty toimenpidesuunnitelma, jota noudattamalla voidaan kehittää työympäristöä.

Tampereen teknillisen yliopiston räjähdysuonjousasiakirjan ovat laatineet yliopiston suojelujohtaja sekä ulkopuolisen yrityksen edustajat vuonna 2010. Räjähdysuonjousasiakirjassa arvioidaan Tampereen teknillisen yliopistojen tilojen räjähdysvaarallisuus. Riskinarvioinnin arviointilomakkeista selviää, ettei tila, jossa tislauskolonni on, ole räjähdysvaarallinen, koska räjähdyskelpoista ilmaseosta ei pääse syntymään. Riskinarviointia ei ole suoritettu häiriötilanteisiin liittyen, koska niihin liittyvät todennäköisyydet on arvioitu erittäin epätodennäköisiksi. Systeemitekniikan laitos voi kuitenkin halutesaan suorittaa riskinarvioinnin myös häiriötilanteiden osalta.

6 YHTEENVETO

Tarve tälle diplomityölle syntyi, kun Systeemitekniikan laitos modernisoi tislauskolonnin automaatiojärjestelmää sekä sen työympäristöä. Samalla haluttiin kiinnittää huomiota tislauskolonnin sekä sen työympäristön turvallisuuteen. Tämän työn tavoitteena oli tunnistaa tislauskolonniin sekä sen työympäristöön liittyvät riskit ja laatia työturvallisuusohjeet tislauskolonnilla työskenteleville opiskelijoille. Riskejä tunnistettiin useampien riskianalyysimenetelmien ja työntekijöiden haastatteluiden avulla. Löydettyihin riskeihin kehiteltiin toimenpide-ehdotuksia. Diplomityössä valittiin kehityskohteet sekä toimintasuunnitelma toimenpiteiden toteuttamiseksi kehitystä kaipaaviin kohteisiin.

Tislausprosessiin liittyvät vaarat tunnistettiin poikkeamatarkastelun, potentiaalisten ongelmien analyysin sekä työn turvallisuusanalyysin avulla. Tislausprosessiin liittyvät vaarat ja riskit, joita tunnistettiin, olivat: palovammavaara prosessin kuumista osista, palovammavaara laitevian tai prosessissa ilmenevän vuodon vuoksi, tulipalo, sähköisku, höyrykattilan käsiventtiilin rikkoutuminen, työohjeiden laiminlyönti, käyttäjän tietojen ja taitojen puute, hiljaisen tiedon katoaminen, dokumentoinnin puute, ilkivalta, ajo-ohjeen käännösvirhe, hätä-seis-kytkimen puuttuminen, virhe prosessin toiminnassa ja huoltojen puute. Tislauskolonnin työympäristöön liittyen tunnistettiin seuraavat riskit ja vaarat: epäsiisti työympäristö, rikkinaiset kalusteet, ritilän toimiminen lattiana, kompastumisvaara, tulipalo ja ylimääräinen palomassa, ulkopuolisen käyttäjän aiheuttama vaara, fyysisten työtilojen muuttuminen vaaralliseksi, kulunvalvonnan puute, melu, vanhat opetusvälineet sekä portaissa kulkeminen.

Tislauskolonnilla työskenteleville opiskelijoille laadittiin työturvallisuusohjeet. Työturvallisuusohjeista laadittiin kaksi erilaista versiota: toinen versio on laboratorioharjoituksiin, joissa ei ole tislausprosessin kuumana ajoa, ja toinen versio on tarkoitettu laboratorioharjoituksiin, joissa tislausprosessia ajetaan kuumana. Laboratorioharjoituksissa, joissa on tislausprosessin kuumana ajo, prosessin lämpötilat nousevat ja näin prosessin osien pintalämpötilat nousevat. Lämpötilan nousu on huomioitu laadituissa työturvallisuusohjeissa. Työturvallisuusohjeiden laatimisen tukena käytettiin sekä opiskelijoiden että ohjaajien laboratorio-ohjeita, jotta saatiin selville laboratorioharjoitusten kulku ja voitiin arvioida millaisiin asioihin on kiinnitettävä huomiota myös työturvallisuuden kannalta. Työturvallisuusohjeissa kerrotaan myös etanolin ominaisuuksista, jotta opiskelijat ymmärtävät vaarallisen kemikaalin vaikutukset ja seuraukset. Työturvallisuusohjeista laadittiin yksinkertaiset ja tarpeeksi lyhyet, jotta opiskelijat todennäköisemmin tutustuvat niihin. Työturvallisuusohjeissa käsitellään yleisiä työturvallisuusohjeita laboratoriotiloissa työskentelyyn. Sen jälkeen kerrotaan prosessissa käytettävästä vaarallista kemikaalista ja sen ominaisuuksista sekä vaikutuksista. Tämän jälkeen työturvalli-

suusohjeissa on esitetty vaarat, joita laboratorioharjoituksiin liittyy. Vaarat on esitetty vaaramerkkien avulla. Työturvallisuusohjeissa on myös toimintaohjeet hätätilanteen varalle.

Keskeisimpiä diplomityössä saavutettuja tuloksia olivat riskianalyysien tulokset sekä haastatteluissa saatu informaatio; tarve kehittää työ- ja oppimisympäristöä, edellisen tislaukolonnivastaavan tietojen dokumentoiminen ja siirtäminen eteenpäin muille työntekijöille, työntekijöiden perehdyttämisen tärkeys sekä hiljaisen tiedon dokumentointi. Jo pelkästään siivoamalla työympäristö parannetaan sitä jo huomattavasti. Kalusteiden sekä oppimisvälineiden päivittäminen ovat myös tarpeen. Pienillä muutoksilla ympäristöstä saadaan huomattavasti viihtyisämpi. Aiempi tislaukolonnivastaava on jäänyt pois opetustehtävistä viime vuonna. Hänellä on eniten kokemusta tislauksprosessin käytöstä ja on tärkeää, että nämä tiedot saadaan siirrettyä uudelle vastuuhenkilölle sekä muille työntekijöille. Diplomityön edetessä selvisi, että tislaukolonniin liittyvä dokumentaatio on puutteellista. Jatkossa Systeemitekniikan laitoksen on dokumentoitava tislaukolonniin liittyvät tiedot sovitun tavan mukaisesti. Näin varmistutaan, että tiedot ovat kaikkien saatavilla ja mahdollisissa ongelma- ja päivitystilanteissa niistä saadaan arvokasta tietoa.

Työssä esiteltiin myös toimenpide-ehdotuksia riskianalyyseissa löydettyihin riskeihin. Systeemitekniikan laitoksen laitosjohtajalla on vastuu laitoksen tislaukolonnista. Hänellä on myös päätösvalta toimenpide-ehdotusten toteuttamisesta. Toimenpide-ehdotuksista osaan voi kulu merkittäviäkin kustannuksia, joten niiden rahoituksesta sekä mahdollisuudesta toteuttaa niitä joudutaan päättämään erikseen. Tulevaisuudessa tislaukolonnille on suotavaa suorittaa useammin vastaavia riskianalyysejä sekä huolehtia tilan siisteydestä. Näin puutteisiin ja ongelmiin voidaan puuttua hyvissä ajoin, jopa ennakkoiden.

LÄHTEET

Allinniemi, P., Hokkanen, H., Tuimala P. Räjähdyssuojausasiakirjat - Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere, 17.2.2010. Insinööritoimisto AX-LVI Oy, Tampereen teknillinen yliopisto. Räjähdyssuojausasiakirjan laadinta TTY:n rakennuksille, rajoitettu saatavuus. 31 s.

BS 18004. 2008. Guide to achieving effective occupational health and safety performance. Great Britain, BSI. 144 s.

BS IEC 61882. 2001. Hazard and operability studies (HAZOP studies) - Application guide. Great Britain, BSI. 57 s.

Euroopan Komissio. 2005. Hyviä käytäntöjä esittelevä ohjeellinen käsikirja direktiivin 1999/92/EY täytäntöönpanoa varten. 131 s.

1999/92/EY. 1999. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 1999/92/EY vähimmäisvaatimuksista räjähdyskelpoisten ilmaseosten aiheuttamalle vaaralle mahdollisesti alttiiksi joutuvien työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden suojelun parantamiseksi. Bryssel, Euroopan parlamentti. 64 s.

2014/34/EU. 2014. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/34/EU räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviksi tarkoitettuja laitteita ja suojajärjestelmiä koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta. Starsbourg, Euroopan parlamentti. 48 s.

L 23.8.2002/738. 2002. Työturvallisuuslaki.

L 24.7.2009/558 Yliopistolaki.

Hännikäinen, H., Laitinen, O. Kolonnidemo. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto. Rajoitettu saatavuus. Kurssimateriaali kurssilla ASE-1220 Systeemitekniikan perusteet 1. 13 s.

Hara, S. 2015. Mallipohjainen systeemisuunnittelu automaation oppimisympäristön uudistuksessa. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Automaatiotekniikan koulutusohjelma. 103 s.

Ilmonen, I., Kallio, J., Koskinen J., Rajamäki, M. 2010. Johda riskejä. 1. painos. Helsinki, Kustannusosakeyhtiö Tammi. 212 s.

Ilomäki, L. 2012. Laatu e-oppimateriaaleihin – E-oppimateriaalit opetuksessa ja oppimisessa. 5. painos. Tampere, Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy. 121 s. [Viitattu 26.8.2014].

Saatavissa: http://www.oph.fi/julkaisut/2012/laatu_e_oppimateriaaleihin

Jaatinen A., Laitinen O., Pietilä P. ACI-31040 Automaatiolaitteet ja -verkot. Tislauskonnon automaatio -laboratorioharjoitusohje. 2009. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto. Kurssimateriaali, rajoitettu saatavuus. 29 s.

KTMP 918/96. 1996. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös räjähdysvaarallisiin il-maseoksiin tarkoitetuista laitteista ja suojausjärjestelmistä.

Leppänen, Markku. 2015. Tampereen teknillisen yliopiston työsuojelupäällikkö. Tampere. Puhelinkeskustelu 18.5.2015.

Lindblom-Yläne, S., Nevgi, A. 2003. Yliopisto- ja korkeakouluopettajan käsikirja. 1.-2.painos. Helsinki, Werner Söderström osakeyhtiö. 505 s.

NSW Government. 2008. Hazardous Industry Planning Advisory paper no 8 – HAZOP Guidelines consultation draft. [WWW]. [Viitattu: 24.4.2015]. Saatavissa: http://www.planning.nsw.gov.au/plansforaction/pdf/hazards/haz_hipap8_rev2008.pdf

Occupational safety and health administration OSHA. 2002. Job hazard analysis. 46 s. [Viitattu: 24.5.2015]. Saatavissa: https://www.osha.gov/Publications/osh3071.pdf?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=job-hazard-analysis-13

Opetushallitus. 2004. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. 1. painos. Vammala, Vammalan kirjapaino Oy. 320 s. [Viitattu 26.8.2014]. Saatavissa: http://www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/opetussuunnitelmien_ja_tutkintojen_perusteet/petusopetus

Opetus- ja kulttuuriministeriö. 2015. Oppilaitosten turvallisuuden parantamisesta suosituksia. [WWW]. [Viitattu: 4.5.2015]. Saatavissa: <http://www.minedu.fi/OPM/Tiedotteet/2015/01/turvallisuus.html?lang=fi>

Pietilä, Pekka. 2014. Yliopisto-opettaja, Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere. Haastattelu 6.11.2014.

Rausand, M. Department of production and quality engineering. 2005a. HAZOP – Hazard and operability study. [WWW]. [Viitattu: 24.4.2015]. Saatavissa: <http://frigg.ivt.ntnu.no/ross/slides/hazop.pdf>

Rausand, M. Department of production and quality engineering. 2005b. Job safety analysis. [WWW]. [Viitattu: 24.4.2015]. Saatavissa: <http://frigg.ivt.ntnu.no/ross/slides/jsa.pdf>

Rausand, M. Department of production and quality engineering. 2005c. Preliminary hazard analysis. [WWW]. [Viitattu: 25.4.2015] Saatavissa: <http://frigg.ivt.ntnu.no/ross/slides/pha.pdf>

SFS-ISO 31000. 2011. Riskienhallinta. Periaatteet ja ohjeet. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto. 53 s.

Suomen Elintarviketyöläisten liitto SEL ry. 2014. Liukastumiset, kompastumiset ja kaatumiset työtapaturmien yleisin syy. [WWW]. [Viitattu 21.9.2014]. Saatavissa: <http://www.selry.fi/?x17423=27523486>.

Suomen Riskienhallintayhdistys. 2013. PK-RH® riskienhallinta. [WWW]. [Viitattu 26.9.2014]. Saatavissa: <http://www.pk-rh.fi/index.php?page=etusivu>.

Tampereen teknillinen korkeakoulu. Perustamislupahakemus. 25.3.1982a. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Sähkötekniikan osasto. Rajoitettu saatavuus.

Tampereen teknillinen korkeakoulu. Käyttöönottotarkastus. 8.10.1982b. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Sähkötekniikan osasto. Rajoitettu saatavuus.

Teknologian tutkimuskeskus VTT. 2007. Riskianalyysit. [WWW]. [Viitattu 26.9.2014]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/index.jsp>.

Toivonen, E. 1983. Opetus- ja tutkimuskäyttöön tarkoitettu tislaukolonni. Tampere. Diplomityö. 98 s.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Tukes. 2012a. ATEX – Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus. Tampere, Multiprint. 19 s. [Viitattu 27.8.2014]. Saatavissa: http://tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/ATEX_opas.pdf

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Tukes. 2012b. Vaurio- ja onnettomuusrekisteri VAARO. [WWW]. [Viitattu 4.4.2015]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Rekisterit/asia-tieto-onnettomuustietoja/>

Työsuojeluhallinto. 2014. Työsuojelutoiminta työpaikalla – Riskien arviointi. [WWW]. [Viitattu 3.10.2014]. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/riskienarviointi>

Työterveyslaitos. 2012. ATEX-starttipaketti pk-yrityksille. [WWW]. [Viitattu 27.8.2014]. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/atex/sivut/default.aspx>

Työterveyslaitos. 2013. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -turvallisuusohjeet (OVA-ohjeet). [WWW]. [Viitattu 10.6.2014]. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/>

Työterveyslaitos. 2014. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -ohje: Etanoli. [WWW]. [Viitattu 23.11.2014]. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/etanoli.pdf>

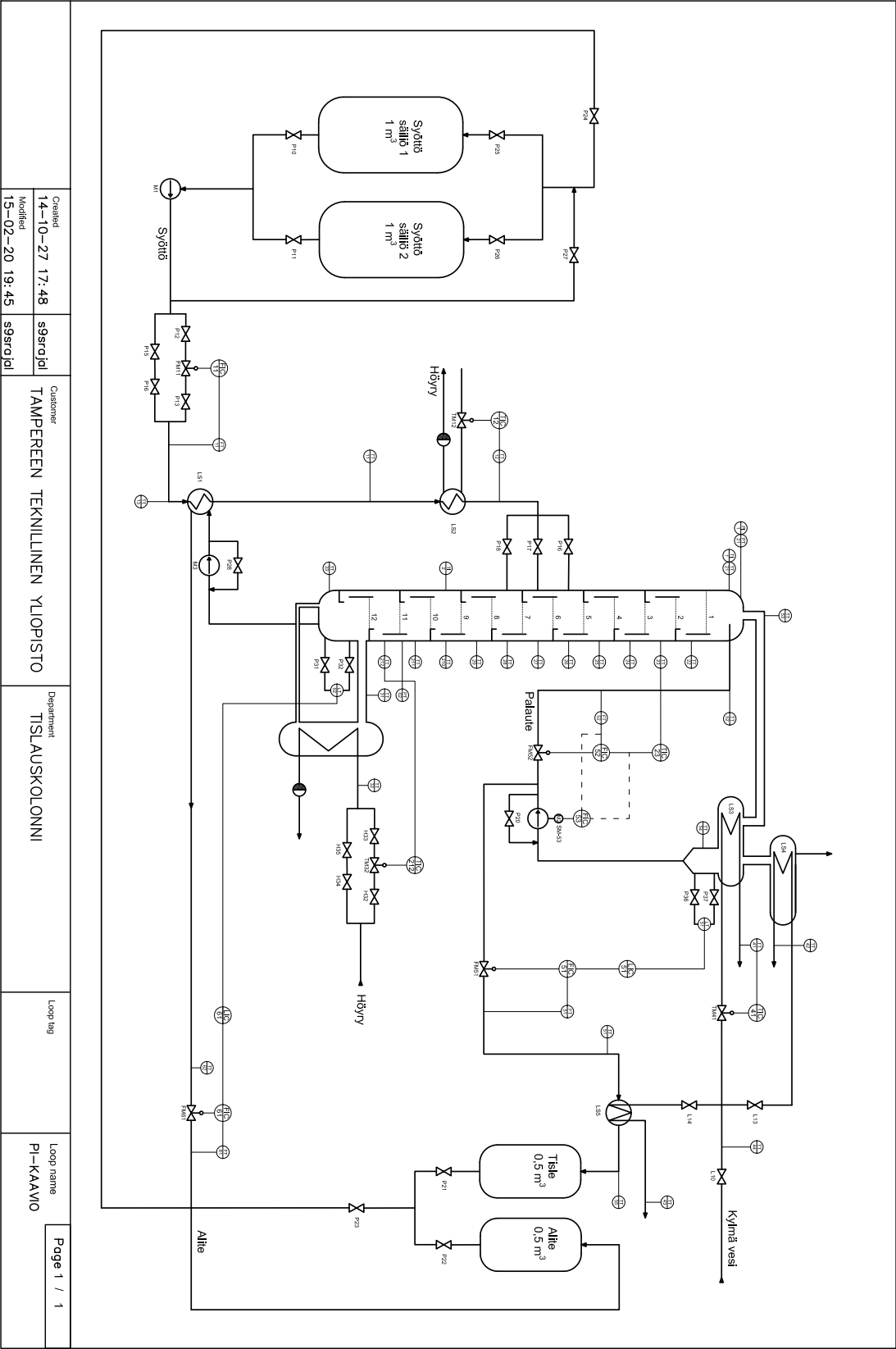
Työturvallisuuskeskus. Siisteys ja järjestys. [WWW]. [Viitattu 21.9.2014]. Saatavissa: http://www.tyoturva.fi/asiantuntija-_ja_toimistotyö/työympäristö/siisteys_ja_järjestys

VNa 917/96. 1996. Asetus räjähdysvaarallisiin ilmaseoksiin tarkoitetuista laitteista ja suojausjärjestelmistä.

VNa 576/2003. 2003. Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta.

VNa 855/2012. 2012. Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta.

LIITE 1: TISLAUSKOLONNIN PI-KAAVIO



LIITE 2: ETANOLIN OVA

OVA-ohje: ETANOLI

Turvallisuusohje käsittelee vedetöntä etanolia.

Sisällysluettelo

Synonyymit

1. Aineen ominaisuudet, merkinnät ja käyttö
2. Terveysvaara
3. Vaikutukset ympäristöön
4. Toiminta onnettomuustilanteissa
5. Käsittely ja varastointi
6. Kuljetusmääräyksiä
7. Kirjallisuus



33
1170

► Tiivistelmä

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1272/2008 (ns. CLP-asetuksen) mukaiset varoitusmerkit



Direktiivin 67/548/ETY mukaiset varoitusmerkit



CAS-numero	64-17-5
Indeksinumero	603-002-00-5
EY-numero (EINECS-numero)	200-578-6
YK-numero	1170 (ETANOLI (ETYYLIALKOHOLI) tai ETANOLILIUOS (ETYYLIALKOHOLILIUOS))
Molekyylikaava	C ₂ H ₆ O

Rakennekaava	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
--------------	-----------------------------------

Synonyymit

suomi:	etyylialkoholi, denaturoitu etanoli, sprii
ruotsi:	etanol, denaturerad etanol, etylalkohol
englanti:	ethanol, anhydrous ethanol, ethanol denatured, ethyl alcohol, methyl carbinol
saksa:	Brannwein, Ethyloxidhydrat, Weingeist, Sprit, Alkohol, Ethylalkohol, Esprit, Methylcarbinol, Spiritus

1 Aineen ominaisuudet, merkinnät ja käyttö

1.1 Aineen kuvaus

Etanoli on väritön kirkas haihtuva neste, jolla on makea, eeterinen, viinamainen haju. Denaturoidulla etanolilla voi olla epämiellyttävä haju. Etanoli on hygroskooppista, eli se imee itseensä kosteutta ilmast.

1.2 Yleisiä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia

Molekyyli massa	46,1 g/mol
Tiheys	0,8 (vesi = 1) 20 °C:ssa
Sulamispiste	-117 °C
Kiehumispiste	78,5 °C
Höyrynpaine	5,8 kPa 20 °C:ssa
Höyryn tiheys	1,6 (ilma = 1)
Liukoisuus	liukenee veteen, eettereihin, ketoneihin, hiilivetyihin, happoihin, estereihin, glykoleihin, muihin alkoholeihin ja useisiin muihin orgaanisiin liuottimiin
Tasapainotilakonsentraatio	5,8 % (58 000 ppm) 20 °C:ssa; helposti haihtuva
Jakautumiskerroin P (n-oktanoli/vesi)	log Pow = -0,32; ei rasvahakuinen
Henryn lain vakio	$5 \times 10^{-6} \text{ atm} \times \text{m}^3/\text{mol}$
Muuntokertoimet (höyry) 20°C:ssa	1 ppm = 1,92 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0,522 ppm
Hajukynnys	50 - 700 ppm (96 - 1344 mg/m ³) (geometrinen keskiarvo 180 ppm)

1.3 Reaktiivisuus

Etanoli on yleensä stabiili. Se reagoi kiivaasti voimakkaiden hapettimien, kuten kromitrioksidin, kloorin oksidien, typpihapon, perklooraattien ja permanganaattien kanssa aiheuttaen palo- ja räjähdysvaaran. Etanoli reagoi myös vetyperoksidin, alkalimetallien, nitraattien, perkloorihapon, happojen, happoanhydridien, kalsiumhypokloriitin, hopeaoksidin, bromidien ja ammoniakkin kanssa aiheuttaen palo- ja räjähdysvaaran. Etanoli saattaa reagoida kuumun alumiinin kanssa aiheuttaen metallin syöpmistä.

1.4 Palo- ja räjähdysvaara

Leimahduspiste:	13 °C
Syttymisrajat:	3,3 - 19 %
Itsesyttymislämpötila:	363 °C

Etanoli on helposti syttyvä, palava neste. Aine syttyy herkästi lämmön, kipinöiden ja liekkien vaikutuksesta. Myös reaktio voimakkaiden hapettimien kanssa aiheuttaa palo- ja räjähdysvaaran. Etanolihöyry voi muodostaa syttyvän seoksen ilman kanssa yli 13 °C lämpötiloissa. Aineen vuotaminen sisätiloihin ja viemäreihin aiheuttaa räjähdysvaaran. Etanolisäiliö voi repeytyä tulipalon kuumentamana.

1.5 Merkinnät

Varoitusmerkit sekä vaaraa ja turvallisuustoimenpiteitä osoittavat standardilausekkeet on esitetty sekä uuden Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1272/2008 (ns. [CLP-asetuksen](#)) että kumoutuvan direktiivin 67/548/ETY kriteerien mukaisesti.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1272/2008 mukaiset merkinnät

Varoitusmerkit

Huomiosana: **VAARA**



Vaaralausekkeet

H225:	Helposti syttyvä neste ja höyry.
-------	----------------------------------

Turvalausekkeet

Tässä esitetyistä turvalausekkeista valitaan käytön mukaan sopivimmat. Varoitusetiketissä saa olla enintään kuusi turvalauseketta, paitsi milloin vaaran luonteen ja vakavuuden osoittamiseksi on käytettävä useampia lausekkeita.

P210:	Suojaa lämmöltä/kipinöiltä/ avotulelta/ kuumilta pinnoilta. — Tupakointi kielletty.
P233:	Säilytä tiiviisti suljettuna.
P240:	Säiliö ja vastaanottavat laitteet on maadoitettava/yhdistettävä.
P241:	Käytä räjähdysturvallisia sähkö/ilmanvaihto/valaisin/ /laitteita.

P242:	Käytä ainoastaan kipinöimättömiä työkaluja.
P243:	Estä staattisen sähköön aiheuttama kipinöinti.
P280:	Käytä suojakäsineitä/suojavaatetusta/silmiensuojainta/kasvonsuojainta.
P303+P361+P353:	JOS KEMIKAALIA JOUTUU I HOLLE (tai hiuksiin): Riisu saastunut vaatetus välittömästi. Huuhdo/suihkuta iho vedellä.
P370+P378:	Tulipalon sattuessa: Käytä palon sammuttamiseen
P403+P235:	Varastoi paikassa, jossa on hyvä ilmanvaihto. Säilytä viileässä.
P501:	Hävitä sisältö/pakkaus paikallisten/alueellisten/ kansallisten/kansainvälisten määräysten mukaisesti (täsmennettävä).

Direktiivin 67/548/ETY mukaiset merkinnät

Varoitusmerkit



Helposti syttyvä (F)

Vaaraa osoittavat standardilausekkeet (R-lausekkeet)

R11:	Helposti syttyvää.
------	--------------------

Turvallisuustoimenpiteitä osoittavat standardilausekkeet (S-lausekkeet)

(S2:	Säilytettävä lasten ulottumattomissa.)
S7:	Säilytettävä tiiviisti suljettuna.
S16:	Eristettävä sytytyslähteistä - Tupakointi kielletty.

Lauseke S2 esitetään aineluettelossa suluissa ja se voidaan jättää etiketistä pois silloin, kun ainetta tai valmistetta myydään yksinomaan teolliseen käyttöön.

Kuljetusluokitus ja -merkinnät

Kuljetusluokitus ja -merkinnät määräytyvät kansainvälisten ja kansallisten kuljetusmääräysten mukaan.

YK-numero:	1170 (ETANOLI (ETYYLIALKOHOLI) tai ETANOLILIUOS (ETYYLIALKOHOLILIUOS))
Kuljetusluokka:	maakuljetus 3 merikuljetus 3
Pakkausryhmä:	II
Varoituslipuke:	3 (palava neste)
Vaaran tunnusnumero:	33 (helposti palava neste (leimahduspiste alle 23 °C))

1.6 Raja-arvoja

Akuutin altistumisen raja-arvot

ERPG-arvot (Emergency response planning guidelines, USA)	ERPG-1	1800 ppm (3460 mg/m ³) /60 min
	ERPG-2	3300 ppm (6340 mg/m ³) /60 min
	ERPG-3	-

Työhygieeniset raja-arvot

HTP (2014) (työpaikan ilman haitalliseksi tunnettu pitoisuus)	1 000 ppm (1 900 mg/m ³) /8 h
	1 300 ppm (2 500 mg/m ³) /15 min

Raja-arvojen määritelmät on esitetty [käyttäjän oppaassa](#) (kappale 1.6).

1.7 Käyttö

Etanolia käytetään yleisesti liuottimena. Etanoli on useiden kemikaalien, kuten etikkahapon, etyyliasetaatin, etyyliakrylaatin ja muiden etyyliestereiden, etyyliamiinin, glykolieettereiden, eteenin ja butadieenin, raaka-aine. Sitä käytetään myös lääkkeiden, lääkkeellisten valmisteiden, muovien, lakkojen, värien, kiillotusaineiden, pehmittimien, teknokemian tuotteiden ja räjähdysaineiden valmistuksessa. Etanolia käytetään myös polttoaineena. Etanoli on alkoholijuomien ainesosa. Sitä käytetään myös antiseptisenä aineena.

Etanolia on kaupallisesti saatavana absoluutoituna (0,1-0,5 % vettä) sekä laimennettuina vesiliuoksina. Kun etanolia käytetään muuhun tarkoitukseen kuin alkoholijuomiin, se voidaan denaturoida nauttimiseen kelpaamattomaksi.

2 Terveysvaara

2.1 Välittömät vaikutukset

Altistuminen etanolin höyryille tai aerosoleille pitoisuuksissa 1800-2000 ppm aiheuttaa ärsytystä nenässä, kurkun kuivumista, yskää ja keuhkoputkien supistelua. Jos suuria, HTP-arvon selvästi ylittäviä etanolihöyrypitoisuuksia hengitetään pitkiä aikoja, saattaa henkilölle aiheutua keskushermosto-oireita, kuten humaltumista, keskittymiskyvyn heikentymistä, väsymystä ja päänsärkyä.

Nestemäinen etanoli aiheuttaa silmissä lievää tai kohtalaista ärsytystä. Iholla etanoli saattaa aiheuttaa lievää ärsytystä. Etanoli imeytyy elimistöön ihon kautta suhteellisen helposti, mutta haitallisten sisäelinten vaikutuksier syntyminen on epätodennäköistä.

Etanoli ei ole kovin myrkyllistä nieltynä. Etanoli ärsyttää ruuansulatuselimistöä. Suurten etanolimäärien nieleminen lamauttaa keskushermostoa aiheuttaen koordinaatiokyvyn heikkenemistä, reaktionopeuden hidastumista, harkintakyvyn heikkenemistä, pahoinvointia, oksentelua ja lopulta tajuttomuuden, joka voi johtaa kuolemaan hengityksen tai verenkierron lamaantuessa.

Oksentamisen yhteydessä henkilö voi vahingossa vetää etanolia keuhkoihin (aspiraatio). Väkevän alkoholin aspiroiminen voi aiheuttaa vakavan, jopa kuolemaan johtavan keuhkotulehduksen.

2.2 Toistuvan altistumisen vaikutukset

Toistuva ihokosketus nestemäisen etanolin kanssa kuivattaa ihoa ja saattaa aiheuttaa ärsytysihottumaa. Pitkäaikaisen työperäisen etanolille altistumisen ei ole kuvattu aiheuttavan kroonisia elinvaikutuksia, jotka ovat tunnettuja alkoholin suurkuluttajilla (maksakirroosi, hermoston sairaudet).

3 Vaikutukset ympäristöön

Ilmaan joutunut etanoli hajoaa hydroksyyliiradikaalien vaikutuksesta. Sen puoliintumisaika on 12 tunnista kuuteen vuorokauteen. Hyvin vesiliukoisena etanoli voi tulla sateen mukana maahan.

Maahan joutunut etanoli haihtuu nopeasti pintamaasta. Etanoli ei sitoudu maa-ainekseen, joten se on erittäin kulkeutuvaa ja voi siten joutua pohjaveteen. Etanoli hajoaa biologisesti sekä aerobisissa että anaerobisissa olosuhteissa. Puoliintumisaika on aerobisissa olosuhteissa alle viikko.

Etanoli on hyvin vesiliukoista. Se kuitenkin haihtuu nopeasti pintavedestä. Laskentamallien avulla on arvioitu, että sen määrä puoliintuu matalassa (syvyys 1 metri) joessa noin kuudessa vuorokaudessa. Biologisen hapenkulutuksen (BOD 84 %/20 vrk) perusteella etanoli on biologisesti nopeasti hajoavaa aerobisissa olosuhteissa. Etanoli on vain hyvin lievästi myrkyllistä vesieliöille. Sen akuutit LC50-arvot ovat kalalle 12 000 - 16 000 mg/l (96 h) ja vesikirpulle 7560 – 14 220 mg/l (48 h).

Etanolin ei ole todettu kertyvän ravintoverkkoon.

Voimassa olevien kriteerien perusteella etanolia ei luokitella ympäristölle vaaralliseksi.

4 Toiminta onnettomuustilanteissa

Palo- ja pelastushenkilöstö: TOKEVA Ohje T3b (Helposti syttyvät nesteet)

Varmista oma turvallisuutesi ennen kuin ryhdyt pelastustoimiin: käytä henkilönsuojaimia äläkä pelasta yksin.

4.1 Palo ja räjähdys

Rajoita paloalueelle pääsyä. Sulje vuoto. Pysy tuulen yläpuolella. Paloalueella olevia säiliöitä jäädytetään vedellä, ellei niitä voida siirtää turvallisesti. Älä lähesty säiliöitä päätyjen suunnasta, sillä kuumennut säiliö voi revetä.

Käytä henkilönsuojaimina paloasua ja paineilmahengityslaitetta.

Paloja voidaan sammuttaa jauheella, hiilidioksidilla, vesisuihkulla ja alkoholia kestäväällä vaahdolla.

4.2 Vuoto ja valuma

Vaara-alueen arviointi

pieni vuoto (noin 100 l):	Välitön eristys 25 m kaikkiin suuntiin.
suuri vuoto (noin 10 m ³):	Välitön eristys 25 metriä kaikkiin suuntiin.

Vaaraetäisyydet on laskettu [Tukesin](#) suositusten mukaisesti. Varoitusrajana on käytetty ERPG-2 60 minuutin arvoa. Ohimeneviä, esimerkiksi ärsytysoireita voi kuitenkin esiintyä myös näitä vaaraetäisyyksiä pidemmällä etäisyyksillä.

Torjunta ja suojautuminen

Etanolivuoto aiheuttaa syttymis- ja räjähdysvaaran. Poista mahdolliset syttymislähteet. Pidä lammikon koko pienenä patoamalla ja estä nesteen valuminen vesistöihin ja viemäriin. Sulje vuoto, jos sen voi tehdä turvallisesti. Sumusuihkulla voi sitoa ja laimentaa höyryjä, mutta se ei estä niiden syttymistä. Rajoita vaara-alueelle pääsyä. Höyrystymisen ja syttymisvaaran pienentämiseksi lammikko voidaan peittää muovikalvolla tai vaahdolla.

Käytä henkilönsuojaimina paloasua ja tarvittaessa paineilmahengityslaitetta.

Alueen puhdistaminen

Vuodon lakattua tuuletetaan sisätilat ja viemärit, jotka myös huuhdellaan. Vuotanut etanoli pumpataan säiliöön ja loppu neste imeytetään maahan, hiekkaan, turpeeseen tai tehokkaampaan kaupalliseen imeytysaineeseen. Saastunut maa voidaan kuoria. Vähäiset määrät voidaan huuhtoa viemäriin runsaalla vedellä.

4.3 Ensiapu

Hengitysteitse tapahtunut altistuminen

Jos hengitysteissä esiintyy ärsytysoireita, siirrä altistunut henkilö raittiiseen ilmaan ja aseta lepoon. Ota tarvittaessa yhteys lääkäriin.

Ihokosketus

Riisu likaantunut vaatetus ja pese iho runsaalla vedellä ja saippualla.

Roiskeet silmään

Huuhtele välittömästi silmää juoksevilla vedellä silmäluomia auki pitäen ainakin 15 minuutin ajan (poista piilolinssit, mikäli mahdollista). Jos ärsytysoireet jatkuvat, jatka huuhtelua ja ota yhteys lääkäriin.

Suun kautta tapahtunut altistuminen

Jos potilas on tajuton tai kouristelee, älä anna mitään suun kautta. Huuhtele tajuissaan olevan altistuneen henkilön suu vedellä. Juota hänelle lasillinen vettä. Älä oksennuta, jotta ainetta ei pääsisi hengitysteihin (aspiraatio). Toimita välittömästi ensiapuasemalle lääkärin tutkimusta varten.

Lisäohjeita saa tarvittaessa yleisestä hätänumerosta puh. 112 ja Myrkytystietokeskuksesta puh. (09) 471 977.

4.4 Lääkärin antama hoito

Lääkärin antama hoito tulee kysymykseen, kun etanolia on aspiroitu keuhkoihin tai kun sitä on nielty suuria määriä ja on kehittynyt myrkytystila (syvä tajuttomuus, hengityksen ja verenkierron heikentyminen). Hoito on oireenmukaista (ks. [Akuuttihoito-opas](#)).

4.5 Jätteiden käsittely

Etanolia sisältävä jäte luokitellaan pitoisuudesta riippuen joko ongelmajätteeksi tai jätteeksi.

5 Käsittely ja varastointi

Käytä tarvittaessa suljettuja laitteistoja ja tehokasta kohdepoistoa. Estä höyryn pääsy työpaikan ilmaan. Käytä suojakäsineitä, suojalaseja ja suojavaatetusta. Henkilönsuojaimiin erittäin hyviä materiaaleja ovat mm. butyylilikumi, fluorikumi (Viton®), fluorikumi (Viton®)/butyylilikumi, Barrier® (PE/PA/PE), Silver Shield/4H® (PE/EVAL/PE) ja Tychem® CPF 3. Hyvä materiaali on mm. neopreeni. Käytä tarvittaessa hengityksensuojainta (suodatintyyppi A2). Laboratoriotyössä käytä vetokaappia. Työpisteen läheisyydessä on oltava hätäsuihku ja silmienhuuhtelupaikka.

Käsittele ja varastoi aine erillään syttymis- ja lämmönlähteistä sekä hapettavista aineista. Tupakointi on kielletty. Tulitöihin tarvitaan työluupa. Käsittely- ja varastointitiloissa sähkölaitteiden tulee olla räjähdysvaarallisiin tiloihin hyväksyttyjä. Estä staattisen sähköön muodostuminen maadoituksin. Huolehdi tehokkaasta ilmanvaihdesta. Varastoi etanoli mielellään viileässä, kuivassa, hyvin tuuletetussa, auringonvalolta suojatussa ja paloturvallisessa tilassa. Suuret määrät tulee varastoida mieluiten ulkona. Tarkkaile mahdollisia vuotoja.

Etanolin käsittelyä ja varastointia koskevat valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta ([855/2012](#)) ja valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja

varastoinnin turvallisuusvaatimuksista (856/2012) (koskevat myös alkoholijuomia) sekä valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta (576/2003) (ATEX-säädökset). Tilaluokituksesta on annettu ohjeita standardissa SFS-EN 60 079-10 sekä käsikirjassa SFS 59.

6 Kuljetusmääräyksiä

Aineen pakkaus sekä kollien ja säiliöiden merkinnät on tehtävä kuljetusmääräyksissä annettujen yksityiskohtaisten ohjeiden mukaisesti.

Jokaiseen kolliin on merkittävä aineen YK-numero ja sen eteen kirjaimet "UN" (etanoli: UN 1170). Kolli on varustettava myös kyseisen aineen varoituslipukkeella (etanoli: varoituslipuke 3).

7 Kirjallisuus

Huom. Tähdellä (*) merkityt ovat maksullisia tietokantoja.

Ahonen L, Kurttila H, Talvitie T, Valvisto T, [Tuotantolaitosten sijoittaminen - Opas](#), Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), 2013.

American Industrial Hygiene Association (AIHA). [Emergency response planning guidelines](#). Fairfax: AIHA, 2010.

[AQUIRE](#) (Aquatic Toxicity Information Retrieval Database). U.S. Environmental Protection Agency (EPA); 2001.

* [CHEMINFO database](#). Canadian Centre for Occupational Health and Safety; 2001.

Elonen E, Mäkijärvi M & Vuoristo M (toim.). [Akuuttihoito-opas](#). Helsinki: Kustannus Oy Duodecim; 2006.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1272/2008 ([CLP-asetus](#)).

Forsberg K & Mansdorf SZ. Quick selection guide to chemical protective clothing. 5th ed. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2007.

[GESTIS](#) (Gefahrstoffinformationssystem der gewerblichen Berufsgenossenschaften). Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (BIA), Deutschland; 2001.

* [HAZARTEXT®](#) Hazard Management. [TOMES® System](#). Greenwood Village (CO): MICROMEDEX; 2001.

Hommel G. Handbuch der gefährlichen Güter. Berlin: Springer-Verlag; 2001.

[HSDB](#) (Hazardous Substances Data Bank). Bethesda (MD): U.S. National Library of Medicine (NLM); 2001.

International Chemical Safety Cards (ICSC). [ICSC: 0044. Ethanol \(anhydrous\)](#). WHO/IPCS/ILO; 2000.

[International Maritime Organization \(IMO\)](#). International maritime dangerous goods code, Amdt. 33-06, London: IMO, 2006.

IUCLID (International Uniform Chemicals Information Database). Brussels: European Commission, European Chemicals Bureau; 2000. [Data sheet: Ethanol](#).

[Kemikaalien ympäristötietorekisteri/Data bank of environmental properties of chemicals](#). Helsinki: Suomen ympäristökeskus, 2002.

Material Safety Data Sheet. Absolute alcohol. New York: Biochemical Sciences, Inc.; 2000.

* [MEDITEXT®](#) Medical Management. [TOMES® System](#). Greenwood Village (CO): MICROMEDEX; 2001.

National Fire Protection Association (NFPA). Fire protection guide to hazardous materials. 12 th ed. Quincy (MA): National Fire Protection Association; 1997.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Occupational Health). Chemical listing and documentation for [immediately dangerous to life or health concentrations \(IDLHs\)](#). Cincinnati (OH): NIOSH;

2001.

OHM/TADS (Oil and Hazardous Materials/Technical Assistance Data System). U.S. Environmental Protection Agency (EPA); 2001.

Sosiaali- ja terveysministeriö. [HTP-arvot 2014](#). Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki, 2014.

Vaarallisten aineiden kuljetus rautatiellä. Lakikokoelma. Helsinki: Oy Edita Ab; 2002.

Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä. Lakikokoelma. Edita Publishing Oy, Helsinki, 2009.

Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta ([576/2003](#)).

Ämnesregistret. Solna: [Kemikalieinspektionen \(KEMI\)](#); 2001.

Tämä turvallisuusohje on tehty Työsuojelurahaston tuella.

TÄRKEÄ HUOMAUTUS:

OVA-turvallisuusohjeet on laadittu asiantuntijaryhmässä, johon on kuulunut asiantuntijalaitosten, kemianteollisuuden sekä viranomaisten edustajia. Turvallisuusohjeiden ja käyttäjän oppaan sisältämät tiedot perustuvat laatimis- tai päivittämishetkellä käytettävissä olleeseen tietoon sekä tällöin voimassa olleisiin määräyksiin. OVA-ohjeita saa kopioida VAIN omaan käyttöön. OVA-ohjeita ei saa sellaisenaan käyttää tuoteselosteena tai käyttöturvallisuustiedotteena, niiden asemasta tai niiden liitteenä tai muuna vastaavana asiakirjana. Ohjeet laatinut asiantuntijaryhmä ja Työterveyslaitos eivät ole vastuussa tietojen perusteella tehdyistä toimenpiteistä.

◀ [OVA-etusivulle](#)

Päivitetty 15.8.2014.

Näitä ohjeita kehitetään jatkuvasti ja kaikki palaute on tervetullutta. Lähetä [palautetta](#).

© [Työterveyslaitos](#)

LIITE 3: HAASTATTELUKYSYMYKSET

Kysymyksiä haastateltaville

Työntekijän taustat

Nimi?

Käyttökokemukset kolonnilla, koska ja kuinka kauan?

Mitä työtehtäviä, projekteja ym. työntekijä kolonnilla suoritti/suorittaa?

Läheltä piti – ja vaaratilanteet kolonnilla, turvallisuus

Oletko kokenut läheltä piti –tilanteita tai kuullut niistä?

Oletko kokenut vaaratilanteen työskennellessäsi kolonnilla?

Kerro vaaratilanteen kulusta (alku, syyt, lopputulos, tehtiinkö mitään muutoksia tapahtuneen jälkeen jne.).

Onko teille annettu jonkinlaista turvallisuuskoulutusta tai –tietoa kolonnista?

Oletteko törmänneet em. ohjeisiin?

Oletko itse huomannut tai kohdannut mahdollisia vaaroja, joista voi seurata onnettomuus?

Kaipaisitko ns. turvallisuuskoulutusta?

Huolto ja määräaikaistarkastukset

Oletko nähnyt, että kolonnille olisi tehty huoltoa tai määräaikaistarkastuksia?

Onko niistä informoitu?

Normaalista/tarkoituksesta poikkeava toiminta

(Poikkeavia tilanteita esimerkiksi; häiriöt, viat ja virheet, suunnitellut tai suunnittelemattomat seisokit, toiminnassa tapahtuvat muutokset ja remonttitilanteet, ym...)

Oletko havainnut normaalista poikkeavaa toimintaa tislaukskolonnilla? Jos olet, niin mitä?

Tai oletko kuullut, että kolonnilla on ollut tällaista toimintaa? Jos olet, niin mitä?

Etanoli

Ovatko etanolin ominaisuudet teille tuttuja?

Onko teille kerrottu etanolin mahdollisista vaaroista? Reaktiivisuudesta?

Tiedätkö etanolin säilytyksestä, vaadittavista suojavaatteista/henkilösuojaimista, kuinka toimia, jos etanolia joutuu iholle/hiuksiin?

Tiedätkö, millaisia vaikutuksia etanolille alistumisesta voi tulla? Entä vaikutuksista ympäristölle?

Huolehditanko asianmukaisesta jätteiden käsittelystä?

Työympäristö

Mitä ongelmia olet huomannut työympäristössä?

Onko työympäristö mielestäsi toimiva?

Mitä muuttaisit työympäristössä?

Häiritseekö tilassa melu, lämpötila, ilmastointi (= mahdollinen ”viima”), joku muu?

Palaute

Oletko saanut opiskelijoilta tai muilta käyttäjiltä palautetta kolonnilla työskentelystä?

Onko kurssipalautteissa kommentoitu kolonnilabroja tai kolonnia ylipäätään?

Muuta, huomioita ... ?

LIITE 4: TYÖTURVALLISUUSOHJEET TISLAUSKOLONNILLA TYÖSKENTELEVILLE OPISKELIJOILLE

Työturvallisuusohjeet tislauskolonnille

Nämä työturvallisuusohjeet on laadittu laboratorioharjoituksiin, joissa ei ole tislausprosessin kuumana ajoa. Näiden ohjeiden tavoitteena on antaa opiskelijoille eväät turvalliseen työskentelyyn tislauskolonnilla suoritettavissa laboratorioharjoituksissa.

Yleiset turvallisuusohjeet

Noudata aina ohjaajan ohjeita.

Tupakointi ja tulen tekeminen on kielletty laboratoriotiloissa ja niiden läheisyydessä.

Asiattomilta on pääsy kielletty laboratoriotiloihin.

Älä koske prosessin osiin tai laitteisiin ilman ohjaajan lupaa.

Noudata erityistä varovaisuutta kulkiessasi portaissa.

Siivoa jälkesi ja palauta käyttämäsi tavarat paikoilleen.

Älä tuki kulkureittejä.

Etanoli

Etanoli on palava neste, joka syttyy herkästi lämmön, kipinöiden ja liekkien vaikutuksesta. Etanoli voi muodostaa yli 13 °C lämpötiloissa syttyvän seoksen ilman kanssa, aineen vuotaminen sisätiloihin ja viemäriin aiheuttaa räjähdysvaaran.

Laboratorioharjoituksissa ei käsitellä etanolia, mutta jos sitä jostain syystä joutuu iholle tai hiuksiin, riisu saastunut vaatetus välittömästi ja huuhto iho vedellä.

Vaarat



H225: Helposti syttyvä neste

Henkilösuojaimet

Tislauskolonnilla työskenneltäessä ei tarvita erillisiä henkilösuojaimia, koska laboratorioharjoituksissa ei käsitellä vaarallista kemikaalia ja prosessi on suljettu.

Hätätilanteet

Kuuntele hätätilanteissa ohjaajan tai muun henkilökunnan ohjeita ja noudata niitä. Pelastusviranomaisen saapuessa noudata tämän antamia ohjeita. Rakennuksesta poistutaan käyttäen lyhintä poistumisreittiä ja sen jälkeen kokoonnutaan rakennuksen kokoontumispaikalle. Sähkötalon kokoontumispaikka on pysäköintialue länsipuolella Tietotalon takana.



Muuta huomioitavaa

Ilmoita aina henkilökunnalle, jos havaitset jotain poikkeavaa laboratoriossa.

LIITE 5: TYÖTURVALLISUUSOHJEET TISLAUSKOLONNILLA TYÖSKENTELEVILLE OPISEKELIJOILLE (KUUMANA AJO)

Työturvallisuusohjeet tislauskolonnille

Nämä työturvallisuusohjeet on laadittu laboratorioharjoituksiin, joissa Systeemitekniikan laitoksen tislauskolonnia ajetaan kuumana. Näiden ohjeiden tavoitteena on antaa opiskelijoille eväät turvalliseen työskentelyyn tislauskolonnilla suoritettavissa laboratorioharjoituksissa.

Yleiset turvallisuusohjeet

Noudata aina ohjaajan ohjeita.

Tupakointi ja tulen tekeminen on kielletty laboratoriotiloissa ja niiden läheisyydessä.

Asiattomilta on pääsy kielletty laboratoriotiloihin.

Älä koske prosessin osiin tai laitteisiin ilman ohjaajan lupaa.

Tislausprosessin aikana prosessin osat ovat erittäin kuumia, joten älä koske prosessin osia palovammojen välttämiseksi.

Noudata erityistä varovaisuutta kulkiessasi portaissa.

Siivoa jälkesi ja palauta käyttämäsi tavarat paikoilleen.

Älä tuki kulkureittejä.

Etanoli

Etanoli on palava neste, joka syttyy herkästi lämmön, kipinöiden ja liekkien vaikutuksesta. Etanoli voi muodostaa yli 13 °C lämpötiloissa syttyvän seoksen ilman kanssa, aineen vuotaminen sisätiloihin ja viemäriin aiheuttaa räjähdysvaaran.

Laboratorioharjoituksissa ei käsitellä etanolia, mutta jos sitä jostain syystä joutuu iholle tai hiuksiin, riisu saastunut vaatetus välittömästi ja huuhto iho vedellä.

Vaarat



H225: Helposti syttyvä neste



Ei saa koskea.



Prosessin osat ovat kuumia, palovammavaara.

Henkilösuojaimet

Tislauskolonnilla työskenneltäessä ei tarvita erillisiä henkilösuojaimeja, koska laboratorioharjoituksissa ei käsitellä vaarallista kemikaalia ja prosessi on suljettu.

Hätätilanteet

Kuuntele hätätilanteissa ohjaajan tai muun henkilökunnan ohjeita ja noudata niitä. Pelastusviranomaisen saapuessa noudata tämän antamia ohjeita. Rakennuksesta poistutaan käyttäen lyhintä poistumisreittiä ja sen jälkeen kokoontutaan rakennuksen kokoontumispaikalle. Sähkötalon kokoontumispaikka on pysäköintialue länsipuolella Tietotalon takana.



Muuta huomioitavaa

Ilmoita aina henkilökunnalle, jos havaitset jotain poikkeavaa laboratoriossa.